制浆造纸手册

第七分册·纸浆的洗选漂

轻工业出版社

制浆造纸手册

第七分册·纸浆的洗、选、漂

《制浆造纸手册》编写组　编

轻工业出版社出版

内 容 提 要

《制浆造纸手册》是一部根据我国造纸工业生产经验编写的，以造纸工艺为主的工具书。《制浆造纸手册》共分十三分册。本书是第七分册，主要内容包括纸浆洗涤、筛选、浓缩、贮存与漂白的工艺流程、工艺技术条件、工艺计算、工艺操作要点和产品质量标准以及设备的规格、型号、性能等，对国外新工艺、新技术、新设备作了简要介绍。

本书可供造纸工业技术人员、管理人员、造纸专业院校筛生参考。

制浆造纸手册

第七分册·浆的洗、选、漂

《制浆造纸手册》编写组 编

*

轻工业出版社出版

（北京广安门外南滨河路25号）

重庆新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

850×1168毫米1/32印张：14$^{20}/_{32}$插页：2字数：364千字

1988年12月第一版第一次印刷

印数：1—6,000 定价：7.80元

ISBN7-5019—0012-4/TS.0012

前　言

新中国成立以来，造纸工业有了迅速的发展，在生产、建设、科研、设计、设备制造等方面都已奠定了一定的基础，造纸工业已初步形成了一个比较完整的体系，并积累了一定的经验。为了适应造纸工业今后发展的需要，必须认真总结和介绍国内外的生产经验，提高我国造纸工业的技术水平，为造纸工业的现代化作出贡献。为此我们编写了《制浆造纸手册》，以满足国内广大造纸工作者工作和学习的需要。

《制浆造纸手册》是一部根据我国造纸工业生产经验编写的，以造纸工艺为主的工具书。主要内容包括工艺流程、工艺技术条件、工艺计算、工艺操作要点和主要产品质量标准以及设备规格、型号、性能等，对国外造纸的工艺技术也作了简要介绍。由于工具书的性质，其内容尽可能用图和表格表示，必要的文字叙述则力求简明扼要。

《制浆造纸手册》分为十三分册，将陆续出版。第一分册：第一章造纸化工原料、第二章造纸纤维原料；第二分册：第三章备料；第三分册：第四章碱法制浆；第四分册：第五章黑液回收；第五分册：第六章亚硫酸盐法制浆及红液回收；第六分册：第七章机械法制浆；第七分册：第八章纸浆的洗涤与筛选、第九章纸浆的漂白；第八分册：第十章纸料的准备；第九分册：第十一章纸张抄造；第十分册：第十二章纸板的抄造；第十一分册：第十三章加工纸；第十二分册：第十四章供水与供汽；第十三分册：第十五章仪表与自动化。

《纸浆造纸手册》是由中国造纸学会和轻工业部造纸局联合组织编写的。参加编写的约有六十多位造纸工业的工程技术人员，

并请有关专家学者审阅。虽然如此，由于初次编写，经验不足，资料收集不全，加上水平有限，有些数据不准或错误之处，请广大读者指出，再版时予以修正。

编写过程中承有关各地区造纸学会、行政领导单位、造纸企业、轻工业设计院、造纸研究所和造纸院校等的大力支持，使编审工作得以顺利完成，在此一并致谢。

《制浆造纸手册》编写组

第七分册编写说明

本分册第八章第一节、第四节由丁忠柱编写；第八章第二节、第三节由缪非编写；第九章由章文林编写。初稿经范则尊、陈启新、林一亭审阅、修改。修改后的稿子由中国造纸学会李树植、曹光锐审阅定稿。

目　录

第八章　纸浆的洗涤与筛选

第一节　纸浆的洗涤……1
一、概述……1
（一）洗涤目的……1
（二）洗涤的洗净指标……2
1．碱法浆　2．亚硫酸盐法浆　3．中性亚硫酸铵法浆
二、洗涤原理……2
1．过滤作用　2．扩散作用　3．毛细管作用　4．吸附作用　5．多段逆流洗涤
三、洗涤效果的评定……8
（一）置换比……8
（二）稀释因子……8
（三）洗涤效果指标……10
1．洗涤效率η　2．相对浓度　3．相对体积　4．洗涤流失率　5．提取率
（四）工艺条件对洗涤效率的影响……11
四、洗涤设备……11
（一）洗涤设备分类……11
（二）洗浆池……12
1．概述　2．洗浆池结构　3．洗浆方法　4．洗浆池多段洗涤　5．淋洗中性亚硫酸铵（简称亚铵）法麦草浆　6．亚硫酸盐苇浆在洗涤过程中纤维的流失　7．循环式洗浆池
（三）B型鼓式真空洗浆机……19
1．概述　2．真空洗浆机的技术特征　3．真空洗浆机

的生产能力 4. 真空洗浆机的洗涤流程 5. 四台串联真空洗浆机黑液平衡计算示例 6. 每分钟单位面积空气消耗量

(四) 压力洗浆机 ……30

1. 概述 2. 压力洗浆机的主要技术特性 3. 压力洗浆机的生产能力 4. 压力洗浆机洗浆流程及工艺条件 5. 主要参数对洗浆质量的影响 6. 洗涤规程 7. 操作要点

(五) 螺旋挤浆机 ……43

1. 概述 2. 螺旋挤浆机的主要特性和规格 3. 螺旋挤浆机的生产能力 4. 螺旋挤浆机的洗浆流程及生产实例 5. 影响洗涤因素 6. 在运行中常见问题的解决办法

(六) 双辊挤浆机 ……51

1. 概述 2. 技术特征 3. 双辊挤浆机的洗涤流程 4. 测定数据 5. 双辊沟纹挤浆机低浓进浆提取箱纸板草浆黑液 6. 运行中常见问题的解决办法 7. 其它形式的双辊挤浆机

(七) 水平带式真空洗浆机 ……62

1. 概述 2. 水平带式真空洗浆机结构 3. 水平带式真空洗浆机流程 4. 水平带式真空洗浆机型号、规格及主要工艺参数 5. 国外水平带式真空洗浆机洗涤亚硫酸盐马尾松浆示例 6. 水平带式压力洗浆机

(八) 置换洗浆机 ……67

1. 概述 2. 置换洗浆机的结构 3. 洗涤流程 4. 置换洗浆机和真空洗浆机的比较

(九) 黑液的消泡与过滤 ……75

1. 黑液的消泡 2. 黑液的过滤

(十) 洗浆机的滤网 ……79

1. 概述 2. 滤网的选用

第二节 浆料的筛选和净化 ……80

一、概述……80
二、筛选和净化设备的分类……81
（一）筛选设备的分类 ……81
1．振动筛 2．离心筛 3．压力筛
（二）净化设备分类 ……82
1．沉沙沟 2．涡旋除渣器
三、筛选设备的比较……83
（一）良浆通过筛孔所受推动力的比较 ……83
（二）技术经济指标的比较 ……83
（三）离心筛分离粗渣的特性 ……84
四、筛选的主要设备……84
（一）高频振框式平筛 ……84
1．概述 2．型号和规格 3．工艺条件 4．技术经济指标 5．使用中应注意事项
（二）低频振动式平筛 ……90
1．概述 2．低频振膜式平筛 3．低频平筛使用实例 4．振动机构及筛板 5．影响筛浆能力的因素
（三）高频振鼓圆筛 ……95
1．概述 2．几种高频振鼓圆筛的型号和规格 3．工艺条件及技术经济指标 4．L_3型高频振鼓圆筛的动力消耗及生产能力
（四）跳筛 ……98
1．概述 2．跳筛前后浆料比较
（五）A型离心式筛浆机 ……99
1．概述 2．A型离心式筛浆机的型号和规格 3．工艺条件及技术经济指标 4．影响筛选效率的因素
（六）B型离心式筛浆机 ……105
1．概述 2．B型离心式筛浆机的型号和规格 3．工艺条件及技术经济指标 4．影响筛选效率及质量的因素
（七）C型离心式筛浆机……109

1．概述 2．C型离心式筛浆机的型号和规格 3．工艺条件及技术经济指标 4．动力、稀释水量和粗渣率的理论计算 5．影响C型筛效率的因素 6．操作注意事项

（八）CX型离心式筛浆机 ……115

1．概述 2．从CX筛到ZSL1-4离心筛的改进 3．CX筛的工艺条件及技术经济指标 4．影响CX筛选效率的因素 5．使用CX筛应注意事项

（九）KX型离心式筛浆机 ……122

（十）压力筛 ……122

1．概述 2．旋翼筛(立式离心筛) 3．压力筛的使用实例 4．制浆系统使用旋翼筛的工艺条件 5．筛选时的加水装置 6．影响旋翼筛筛选效率的因素 7．旋翼筛筛板的选用 8．单鼓内流式内旋翼筛 9．单鼓内流式外旋翼筛 10．双鼓旋翼筛 11．旋鼓式内流压力筛 12．旋筒式外流压力筛 13．PH与PS型高浓压力筛 14．PSV型离心压力筛 15．PSV—C型组合型离心压力筛

五、净化的主要设备 ……150

（一）沉砂沟 ……150

1．概述 2．沉砂沟的经验数据

（二）锥形除渣器 ……151

1．各种锥形除渣器的型号和规格 2．工艺条件 3．影响净化效率的因素 4．锥形除渣器型号的选择 5．锥形除渣器数量的确定 6．锥形除渣器段数和级数的确定 7．节浆器和沉渣罐的使用 8．锥形除渣器的安装

（三）低压差除渣器 ……164

1．概述 2．型号和规格 3．使用实例 4．进浆压力对生产能力的影响

（四）柱形除渣器 ……166

1．赛勒科(Celleco)除渣器　2．阿尔皮亚(Albia)除渣器
六、粗渣处理设备 ……172
（一）梳状磨节机……172
1．概述　2．型号和规格
（二） 圆盘磨 ……173
1．概述、3．型号和规格及使用实例
七、筛选和净化的流程 ……174
（一）设备选用情况……174
（二）流程的确定……175
（三）几种浆的筛选和净化流程……175
1．硫酸盐木浆　2．亚硫酸盐木浆　3．机械木浆　4．
苇浆　5．稻麦草浆　6．蔗渣浆　7．棉浆
第三节　浆料的浓缩 ……180
一、概述 ……180
二、浓缩设备 ……181
（一）圆网浓缩机……181
（二）侧压式浓缩机……183
（三）真空浓缩机……184
（四）无分配阀式浓缩机……185
1．落差式(管式)　2．沟式
（五）双圆网和锥网浓缩机……189
（六）多盘式纤维回收机……190
（七）斜网浓缩器……192
（八）环式双筒挤浆机……193
（九）斜螺旋浓缩机……195
（十）双锥盘挤浆机……196
（十一）夹网浓缩机……198
第四节　浆料的贮存与输送 ……199
一、浆料的贮存 ……199
（一）概述……199

（二）低浓浆池……204
1. 概述 2. 卧式浆池参数的选择 3. 卧式浆池的搅拌器和循环器 4. 卧式浆池系列 5. 立式浆池(管泵式搅拌器)
（三）立式高浓浆池……220
1. 搅拌器规格 2. 循环器规格
二、浆料的输送 ……223
（一）浆泵……223
1. 概述 2. 往复泵 3. 离心浆 4. 高浓浆泵
（二）螺旋输送机……234
1. 概述 2. 输送能力、输送速度、功率的计算
三、浆管及工艺管道 ……236
（一）浆泵的吸入管道……236
（二）影响压头损失的因素……237
1. 浆种影响 2. 流速影响 3. 温度影响 4. 打浆度的影响 5. 干燥后再解离成液体浆的管阻 6. 管道材料
（三）管道阻力计算……241
（四）浆管及工艺管道设计参考表……250

第九章 纸浆的漂白

第一节 概述 ……265
第二节 常用的漂白剂 ……266
一、氯 ……266
（一）氯的性质……266
1. 氯的物理性质 2. 氯的化学性质
（二）氯对人体的毒害……268
（三）氯的使用……269
1. 液氯钢瓶的特征 2. 液氯瓶在贮存、运输、使用中的安全要求
二、次氯酸盐 ……271

（一）次氯酸钙[$Ca(OCl)_2$]的制备……271
1．生成反应　2．氯与氧化钙用量的关系　3．石灰乳的调配　4．液氯的气化　5．石灰乳液的氯化　6．漂液的澄清　7．制漂实例　8．制漂流程
（二）次氯酸钠漂液的制备……279
1．化学反应　2．氯与氢氧化钠用量的关系
（三）连续法制备次氯酸盐……279
（四）由漂白粉制漂液……282
1．漂白粉的性质　2．漂白粉的溶解
三、二氧化氯……283
（一）二氧化氯的性质……283
1．物理性质　2．化学性质　3．二氧化氯的爆炸性　4．二氧化氯的毒性
（二）二氧化氯的制备……286
1．二氧化硫还原法（马西逊法）　2．食盐还原法（R-2法）　3．S．V．P法（R-3法）　4．盐酸还原法（凯斯汀法，Day-Kesting）
四、过氧化物……298
（一）过氧化氢的性质……298
1．物理性质　2．化学性质
（二）过氧化物漂液的制备……300
1．间歇法　2　连续法　3．蒸馏法制H_2O_2　4、空气阴极法制碱性过氧化氢
五、连二亚硫酸盐……303
（一）性质……304
（二）制备……304
1．流程　2．工艺条件　3．原料消耗　4．空气阴极法制碱性过氧化氢
第三节　漂白技术……305
一、氯化……305
（一）氯化时的主要化学反应……306

1．氯与木素的加成反应　2．氯与木素的取代反应　3．氯与木素的氧化反应
（二）氯化的工艺条件……308
1．纸浆浓度　2．用氯量　3．pH值　4．时间　5．温度　6．氯化终点的控制　7．氯化时的添加剂　8．高温气相氯化
二、碱处理……319
（一）概述……319
（二）碱处理的工艺条件……320
1．纸浆浓度　2．用碱量　3．温度　4．pH值　5．时间　6．氧化碱处理
三、次氯酸盐漂白……322
（一）次氯酸盐漂白的反应机理……323
（二）次氯酸盐漂白的工艺条件……323
1．纸浆浓度　2．有效氯用量　3．温度　4．pH值　5．时间　6．漂白终点控制
四、二氧化氯(ClO_2)漂白……328
（一）ClO_2漂白与次氯酸盐漂白的比较……328
（二）ClO_2漂白的工艺条件……330
1．纸浆浓度　2．ClO_2用量　3．时间　4．温度　5．pH值　6．ClO_2漂白时Cl_2的影响
五、过氧化物漂白……335
（一）过氧化物漂白的特点……336
（二）过氧化物漂白的影响因素……336
1．pH值　2．温度
（三）影响过氧化物分解的因素……337
（四）过氧化物漂白的预处理……337
1．使用螯合剂　2．酸化　3．使用氯水或次氯酸盐　4．使用碱土金属氯化物
（五）过氧化物漂白剂的互换性……338

（六）过氧化物漂白的添加剂……339
1．硅酸钠　2．硫酸镁
（七）高得率浆的过氧化物漂白……339
1．白度增值范围　2．过氧化物用量　3．pH值　4.纸浆浓度　5．漂白温度　6．几种高得率浆漂白实例
（八）化学浆的过氧化物漂白……345
六、连二亚硫酸盐漂白 ……346
（一）漂白特点……346
（二）影响连二亚硫酸盐漂白的因素……346
1．连二亚硫酸盐用量　2．纸浆浓度　3．温度　4．漂白时间　5．pH值　6．原料的影响　7．金属离子的影响
（三）连二亚硫酸盐的漂白方法……348
1．在磨木机浆坑出口加漂白剂　2．直接往浆里加亚硫酸和锌粉　3．用塔漂漂白　4．过氧化物-连二亚硫酸盐两段漂
七、硼氢化钠漂白 ……351
（一）漂白特点……351
（二）漂白条件……351
（三）漂白效果……351
八、氧碱漂白 ……351
（一）概述……351
（二）漂白方法……353
（三）漂白流程……354
（四）影响漂白的因素……356
1．用碱量　2．反应温度　3．纸浆浓度　4．氧气压力　5．反应时间
九、置换漂白 ……357
（一）概述……357
（二）置换漂白与传统漂白的比较……357

（三）置换漂白塔……357
十、纸浆漂白流程 ……360
（一）亚硫酸盐木浆的漂白……360
1．概述 2．各种漂白段序示例
（二）硫酸盐木浆的漂白……363
1．概述 2．各种漂白段序示例
（三）中性亚硫酸盐半化学浆的漂白……366
1．概述 2．中性亚硫酸盐半化学浆漂白的工艺特征
（四）碱法蔗渣浆的漂白……367
1．概述 2．各种漂白段序示例 3．蔗渣原料对漂白的影响
（五）碱法稻麦草浆的漂白……371
1．概述 2．各种漂白段序示例 3．稻麦草浆漂白的工艺特点
（六）碱法苇浆的漂白……375
1．概述 2．各种漂白段序示例
（七）硫酸盐竹浆的漂白……377
1．概述 2．各种漂白段序示例
（八）机械木浆的漂白……378
1．概述 2．漂白示例
（九）管道漂白……380
十一、纸浆的返黄 ……380
（一）返黄的原因……381
（二）返黄的表示方法……382
（三）减少返黄的方法……382
1．漂白剂的选用 2．漂白工艺的选择 3．其它
十二、漂白浆的洗涤和循环用水 ……384
（一）洗涤的重要性……384
（二）洗涤方法……385
1．稀释法 2．置换法

（三）漂白用水的循环……386
1．循环用水的效果　2．洗浆机滤液循环的原则　3．滤液循环方式
第四节　纸浆的精制……391
一、概述……391
二、精制浆的主要质量指标……392
三、精制浆的漂白工艺特点……393
（一）氯化……393
（二）热碱精制……394
1．用碱量的影响　2．温度与时间的关系　3．用碱量与粘度的关系　4．材种的影响
（三）冷碱精制……396
1．碱液浓度的影响　2．冷碱精制对得率的影响　3．温度的影响　4．冷碱精制浆的洗涤
（四）二氧化氯漂白……399
（五）次氯酸盐漂白……400
（六）酸处理……401
四、精制浆的工艺条件……401
（一）棉短绒精制浆……401
（二）蔗渣精制浆……402
（三）木材精制浆……403
1．几种主要木材精制浆蒸煮和精制方法　2．白松亚硫酸盐人纤浆漂白条件
……404
第五节　漂白计算……406
一、化学药品用量计算……406
（一）氯化用氯量……406
（二）碱处理用碱量……407
（三）氢氧化钠的配制……407
（四）漂液用量（连续漂白）……407

（五）漂池用漂液量……407
二、漂白设备的计算 ……408
（一）次氯酸钙漂液吸收槽容积……408
（二）每日需吸收次数……408
（三）漂白塔容积……408
（四）真空洗浆机能力……409
三、汽、水、电消耗 ……409
（一）用汽量……409
1．纸浆漂白或碱处理用汽量 2．液氯气化用热量（或用汽量）
（二）漂白用水量……411
1．药液稀释用水 2．石灰乳调制用水量 3．纸浆稀释用水量 4．纸浆洗涤用水量
（三）漂白用电量……412
四、其他 ……412
（一）氧化性漂白剂的有效氯含量……412
（二）氯化时的通氯量计算……413
（三）碱处理时NaOH用量计算……414
（四）漂白时次氯酸钙漂液用量计算……414
第六节 漂白用耐腐蚀材料 ……415
一、氯化系统 ……415
（一）干燥氯选用材料……415
（二）湿氯气选用材料……415
（三）浆氯混合器……415
（四）氯化塔……415
（五）洗浆机……416
（六）浆泵……416
（七）阀门与管道……416
二、碱处理系统 ……416
（一）碱液贮存槽……416

（二）浆液搅拌混合器……416
（三）碱处理塔……417
（四）洗浆机……417
（五）浆泵……417
（六）阀门与管道……417
三、次氯酸盐漂白系统……417
（一）石灰乳液部分……417
（二）漂液吸收部分……417
（三）浆液混合器……418
（四）漂白塔……418
（五）洗浆机……418
（六）阀门与管道……418
四、二氧化氯系统……418
（一）制备二氧化氯用化学药品……418
（二）二氧化氯的制备部分……419
（三）二氧化氯漂白部分……419
（四）二氧化氯耐腐蚀材料实际使用情况调查……419
1．第Ⅰ部分——化学药品 2．第Ⅱ部分——二氧化氯的制备 3．第Ⅲ部分——二氧化氯的漂白
（五）过氧化物系统……425
（六）连二亚硫酸盐系统……425
第七节 漂白设备……426
一、浆和化学药品混合设备……426
（一）喷射式浆氯混合器……426
1．作用原理 2．设备简图 3．技术特征
（二）涡轮式浆氯混合器……427
1．作用原理 2．设备简图 3．技术特征 4．设备特征（ZP H_1型涡轮式浆氯混合器）
（三）单辊混合器……428

1. 设备简图 2. 技术特征 3. 设备特征
（四）虎克式(Hooker)浆氯混合器 ……430
1. 喷射器部分 2. 混合器部分
（五）潘索尔特Pennsalt浆氯混合器……432
1. 氯气扩散器部分 2. 浆氯混合器部分
（六）静态混合器……435
（七）中浓浆氯混合器……435
（八）双辊混合器……437
1. 设备简图 2. 技术特征 3. 设备特征
二、漂白塔 ……439
（一）升流塔……439
1. 使用对象 2. 低浓升流塔 3. 高浓升流塔 4. 升降流塔
（二）降流塔……444
1. 使用对象 2. 设备简图 3.降流碱处理塔的主要特征和规格 4. 降流漂白塔的主要特征和规格
三、漂白机 ……446
（一）设备简图……446
（二）漂白机的主要特征及规格……447
附录 单位换算 ……447

第八章　纸浆的洗涤与筛选

第一节　纸浆的洗涤

一、概　　述

（一）洗涤目的

洗涤的目的是将纸浆进行充分洗净的同时，提取具有较高浓度和温度的蒸煮废液，以供酸、碱回收工序回收废液中的有机或无机物。

蒸煮后存留在纸浆中的废液量约7～10米^3/吨浆。以亚硫酸盐木浆为例，以自由流出方式从浆中分离的废液约占总液量的60%，自由流出后留在浆中的废液约占40%。

碱法木浆的黑液约70～80%存在于纤维之间，纤维细胞腔内约15～20%，细胞壁内约5%。易润胀的草浆纤维细胞壁内所含废液较木浆多。

纸浆洗涤另一目的是使纸浆适合于进一步的加工处理。洗涤不干净的浆，难以漂白，施胶时耗费胶料，筛选浓缩时易产生泡沫、糊网，此外还降低纸张质量、腐蚀设备等。

纸浆洗涤流程和设备应满足下列要求：

（1）提取出的蒸煮废液浓度大、温度高；

（2）洗后纸浆中残余的溶质少，废液损失小；

（3）洗涤迅速、生产能力大；

(4) 设备简单、操作方便。

(二) 洗涤的洗净指标

1. 碱法浆

(1) 以洗后浆中所含残碱(Na_2O公斤/吨浆)表示，
东北木浆厂规定残碱小于1公斤/吨浆。

(2) 以洗后浆中所含废液的残碱(Na_2O克/升)表示，
南方木浆厂规定残碱小于0.05克/升。
草浆一般规定不大于0.05～0.25克/升。

2. 亚硫酸盐法浆

一般测定洗后浆中所含残酸，规定残酸应在0.001%以下。也有用每升废液耗用$KMnO_4$的毫克数表示。南方纸厂规定马尾松亚硫酸盐浆$KMnO_4$值小于100毫克/升，蔗渣浆$KMnO_4$值小于120毫克/升。

3. 中性亚硫酸铵法浆

(1) 三段淋洗废液残余亚硫酸铵小于0.3克/升。

(2) 自然淋洗废液残余亚硫酸铵小于0.15克/升。

二、洗涤原理

纸浆的洗涤是用洗涤水将纸浆稀释、混合，然后经扩散、过滤或挤压作用，将废液中的溶质(回形物)和固相纤维分离的过程。影响洗涤速率的回素很多，在特定的洗涤设备或洗涤方式中，可将洗涤看成是两个相互伴随的作用组成的，即洗浆机滤层两侧的压差产生的过滤作用和纤维固相中的溶质和液相中的溶质的浓度差产生的扩散作用；此外还有毛细管作用和吸附作用。

1. 过滤作用

过滤公式：

$$Q = F \cdot V \text{(米}^3\text{/秒)}$$

$$V = \frac{\Delta P}{RLa}\text{(米/秒)}$$

式中 Q——过滤能力(米^3/秒)

F——过滤面积(米^2)

V——过滤速度(米/秒)

ΔP——过滤层两侧压差(公斤/米^2)

a——滤层中孔道弯曲程度($\geqslant 1$)

L——滤层厚度(米)

R——过滤比阻，其数值由下式确定：

$$R = \frac{32\mu}{\eta d^2}\text{(公斤·秒/米}^4\text{)}$$

式中 μ——滤液粘度(公斤·秒/米^2)；

η——过滤面积有效系数；

d——滤层孔道平均直径(米)。

由上式可以看出，过滤设备的生产能力和过滤面积、压差、滤层厚度、纸浆性质和废液粘度等因素有关。

提高压差可提高过滤速度，但由于浆层为可压缩体，压力太大，则η、d值下降。

提高温度，粘度下降。

浆层厚度与阻力有关，加大浆层厚度由于滤液通过毛细管的长度增加，同时其底层所受压力加大，纤维之间的孔道被压缩，阻力也增加。

2．扩散作用

扩散公式：

$$G = DF\frac{C_1 - C_2}{X}\text{(公斤/小时)}$$

式中 G——扩散速度(公斤/小时)

D——扩散系数(米^2/小时)，其大小取决于蒸煮液的性质或可溶物的颗粒大小、温度等，

F——扩散作用的表面积(米^2)

C_1——纤维内液体的溶质浓度(公斤/米^3)

C_2——纤维外部液体的溶质浓度(公斤/米^3)

X——浆层厚度(米)

从上式可以看出，纤维内外废液浓度差是扩散的推动力，但扩散系数与纸浆种类硬度、温度、粘度、压力有关。表8-1-1为实验室测定的扩散系数。

表8-1-1　　黑液、红液的扩散系数

浆种	废液比重(克/厘米^3)	固形物浓度(%)	扩散介质	试验温度(℃)	扩散系数(10^{-5}厘米^2/秒) 试验温度时	20℃时
硫酸盐浆黑液	1.1370 (15℃)	23.2	水	27.0	0.84	0.71
	1.1425 (15℃)	24.2	水	24.5	0.83	0.74
	1.2103 (15℃)	38.4	水	24.5	0.58	0.52
	1.0067 (24℃)	—	水	23.0	0.90	0.83
	1.1425 (15℃)	24.2	稀黑液	23.5	0.65	0.60
亚硫酸盐浆红液	1.1414 (16℃)	30.6	水	22.0	0.38	0.36
	1.0096 (29℃)	30.0	水	26.5	0.57	0.49
	1.1414 (16℃)	30.5	稀红液	31.0	0.32	0.25

3. 毛细管作用

纸浆纤维的细胞腔直径小，长径比大，因此由于毛细管作用，使纤维内或纤维间的液体不易压出。

毛细管内液柱高度　$H=\dfrac{4\sigma}{\gamma d}$

式中　H——毛细管内液柱高度(米)

σ——黑液的表面张力(公斤/米)

γ——黑液的重度(公斤/米^3)

d——毛细管直径(米)

如果将$H\gamma=P$换算成毛细管内液柱压强，得$P=\dfrac{4\sigma}{d}$(公斤/

米²)。只有当外加压强大于这一压强时，才能将黑液压出，所以任何一种浆，在一定的过滤压差下，出挤浆机的浆料浓度都有个极限。以麦草浆为例，15℃时，29.5°B'黑液的表面张力为39.4×10^{-4}公斤/米，毛细管直管为1微米时，毛细管内压强 $P=15800$公斤/米²，即15.8公斤/厘米²，可将草浆的蒸煮废液挤压出来。但当增加压力压至一定干度后，由于纤维被压缩，则纤维间毛细管直径变小，纤维间毛细管压力也增大，当外力大于毛细管压力之前，可以分离出黑液，一旦外力与毛细管压力平衡则压不出黑液。又如马尾松细胞腔平均直径为25微米，按上式计算要挤出细胞腔内的黑液只要0.65公斤/厘米²即可。若要挤出细胞壁内微纤维的黑液，假设其孔道尺寸与微纤维200～300埃相等，则需814公斤/厘米²的压力才能挤出。这样大的力是很难达到的。因此细胞壁内的黑液只能靠扩散作用予以分离。

4．吸附作用

纤维表面分子与废液中的溶质分子具有一定的吸力，将溶质分子吸附在纤维表面；同时由于纤维周围PH值及浓度的变化，被吸附分子因为分子运动的关系又扩散到液体中去。不同的阳离子与纤维素纤维之间有不同的亲和力，其规律为

$$H^{+}>Zn^{++}>Ca^{++}>Mg^{++}>Cs^{++}>K^{+}>Na^{+}$$

研究表明，浆对木素的吸附作用比钠离子小得多，故纤维内的木素比钠容易洗出来。

浆对钠离子的吸附等温式为：

$$S=\frac{aC_e}{1+bC_e}$$

吸附曲线的斜率为：

$$Ks=\frac{dS}{dC_e}=\frac{a}{(1+bC_e)^2}$$

式中 S——平衡状态的吸附量(公斤钠/吨干浆)

Ks——曲线的斜率(米³/吨干浆)

a——吸附常数(米³/吨干浆)

b——吸附常数(米³/吨干浆)

C_e——平衡浓度(公斤钠/米³)

不同浓度有不同的平衡点，当浓度C_e趋于0时，吸附的溶质几乎能全部解吸出来，因此只要有足够的水量和足够的时间总是能把浆中的钠离子全部洗出。

表8-1-2为几种硫酸盐浆的钠离子吸附量。

表8-1-2　　几种硫酸盐浆吸附钠离子的比较

浆　种	浆的硬度(卡伯值)	浆中液体浓度Ce(公斤钠/米³)	对钠的吸附量S(公斤钠/吨干浆)
稻草浆	20.2	0.333	6.80
高粱秆浆	20.8	0.317	4.47
		0.115	3.01
		0.159	2.92
苇　浆	18.3	0.25	3.43
		0.197	3.11
		0.138	3.01
		0.162	2.40
		0.112	1.20
		0.08	1.20
白松浆	26.9	0.36	4.70

表8-1-3　　硫酸盐稻草浆(卡伯值15)吸附量与浆中液体浓度的关系

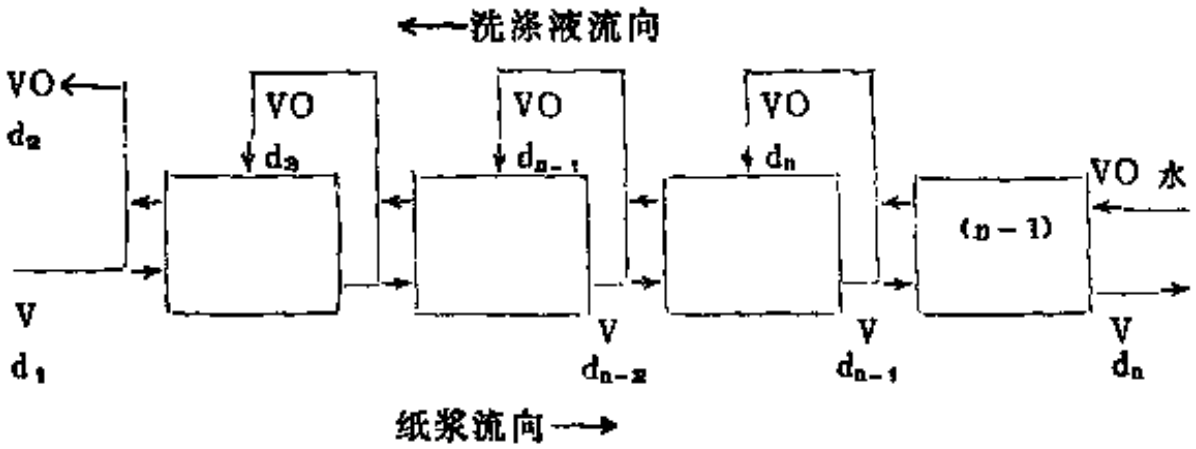
浆中液体浓度Ce(公斤钠/米³)	0.036	0.057	0.121	0.228	0.316	0.455	0.523	0.647	1.036	1.16	1.540
对钠的吸附量S(公斤钠/吨干浆)	1.782	2.372	2.864	4.146	4.082	4.049	5.183	6.025	5.118	5.539	7.451

5. 多段逆流洗涤

纸浆洗涤时不仅要求废液提取率高，而且稀释因子要小，废

液浓度高。只有采用多段逆流洗涤才可能在较小的稀释因子下，充分发挥扩散作用，取得较好的洗涤效果。

以稀释过滤洗涤(真空洗浆机)为例，多段逆流洗涤过程可示意如下：



设：

V——洗浆机出口浆层中的废液量

V_0——洗涤水量

d_1、d_2、……d_n——各段洗涤机出口浆层中黑液浓度

K——V_0与V之比(V_0/V)

则：第(n－1)段洗浆机前后废液中固形物的平衡为：

$$V(d_{n-1}-d_n)=V_0d_n$$

$$d_{n-1}-d_n=Kd_n \qquad (1)$$

第(n－2)段

$$V(d_{n-2}-d_{n-1})=V_0(d_{n-1}-d_n)$$

$$d_{n-2}-d_{n-1}=K^2d_n \qquad (2)$$

同样

$$d_1-d_2=K^{n-1}d_n$$

上列各式相加得：

$$d_1-d_n=(K+K^2+K^3+\cdots\cdots+K^{n-1})d_n$$

$$d_n=\frac{d_1}{1+K+K^2+K^3\cdots\cdots+K^{n-1}}=\frac{K-1}{K^n-1}d_1 \qquad (3)$$

由上式(3)可以看出当其它条件固定时，增加段数n，则d_n减小，可改善洗涤效果。但实际上段数不能太多，否则增加设备投资，增大建筑面积及动力消耗，一般采用 3～4 段。

段数一定时，增加喷水量或提高洗浆机出浆浓度，也可提高洗涤效果，因此时稀释因子增大。但增加水量会使废液浓度低，蒸发耗热量大，也是不经济的。

三、洗涤效果的评定

置换比、稀释因子、洗涤效果、洗涤流失率、提取率等是评定洗浆效果的重要指标。

(一) 置 换 比

$$DR=\frac{S_V-S}{S_V-S_S}=\frac{W_S}{W_P}$$

式中 DR——置换比

S_V——洗浆机网槽中黑液固形物浓度

S——洗浆机洗后浆料中所含黑液的固形物浓度

S_S——洗浆机喷洗液固形物浓度(清水$S_S=0$)

W_S——每吨风干浆所用洗涤水总量(含固形物S_S)

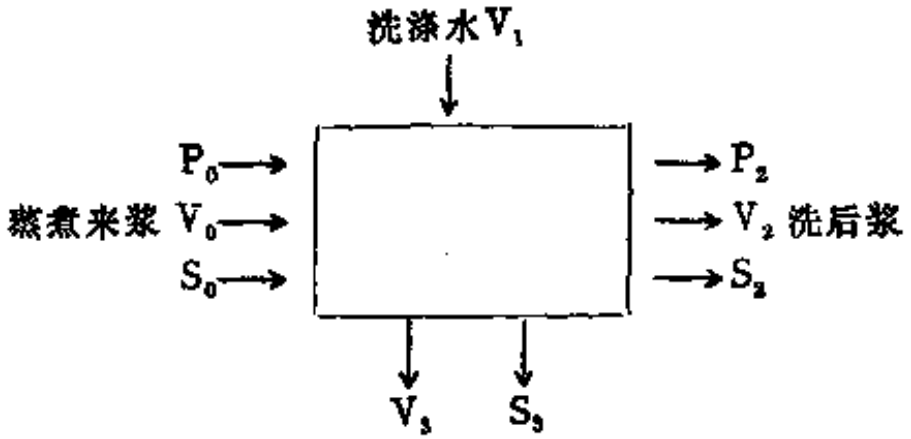
W_P——出洗浆机每吨风干浆中的黑液总量(含固形物S)

洗浆机头段置换比较高，因浆料和黑液混进空气较少，以木浆为例一般达0.8～0.92(取决于稀释因子)，中段0.5～0.7，末段用热水洗时为0.55～0.7。

(二) 稀 释 因 子

以洗涤一公斤风干浆所加到黑液系统(非洗涤系统)的洗涤水量的公斤数表示，也有称稀释度。

稀释因子的含义，可由提取系统的物料平衡图来分析：



图中V_0，V_1，V_2，V_3——各处水量(公斤)

P_0，P_2——纸浆量(公斤)

S_0，S_2，S_3——各处固形物量(公斤)

一般以$P_0=P_2=1$公斤，洗涤水V_1进入黑液V_3中的量是稀释度或稀释因子，以D_f表示

$$D_f=V_3+S_3-(V_0+S_0)\frac{S_3}{S_0}$$

$$V_3=V_0+V_1-V_2$$

$$S_0=S_2+S_3$$

$$D_f=V_1-\left(V_2-V_0\frac{S_2}{S_0}\right)=V_1-V_2+V_0\frac{S_2}{S_0}$$

为了简化，$V_0\frac{S_2}{S_0}$项数值很小可以不计，因此稀释因子可以

表8-1-4洗涤的稀释因子

洗浆设备	木浆(公斤水/公斤风干浆)	草浆(公斤水/公斤风干浆)
螺旋压榨机	2.0	
沟纹挤浆机	2～2.5	3～4
真空洗浆机	1～2.5	2～3
压力洗浆机	1～2.5	
洗浆池	3～5.5	4～6
连续蒸煮后置换洗涤	3	

洗涤用水量减去洗后浆中的含水量表示，以公斤水/公斤风干浆计。稀释因子随所使用的洗涤设备与浆种的不同而有很大不同。见表 8－1－4 。

同一批浆在同样条件下洗涤时，稀释因子愈大，表明送去蒸发的黑液浓度(总固形物含量)愈低，洗涤的干固体物损失愈小。

(三) 洗涤效果指标

1. 洗涤效率η

纸浆通过洗涤系统后提取出的固形物占洗前总固形物的百分比称洗涤效率。

$$\eta = \frac{C_0L_0 - C_1L_1}{C_0L_0} \times 100$$

式中 C_0——洗前纸浆中黑液所含溶质(残碱)浓度(克/升)

C_1——洗后纸浆中液体所含溶质(残碱)浓度(克/升)

L_0——洗前单位绝干浆所含水分量

L_1——洗后单位绝干浆所含水分量

或
$$\eta = \frac{G_0 - G}{G_0}$$

式中 G_0——洗前浆中含固形物绝干重

G——洗后浆中含固形物绝干重

2. 相对浓度

$$f = \frac{C}{C_0}$$

式中 C_0——洗前废液浓度

C——洗后提取的废液浓度

3. 相对体积

$$m = \frac{V}{V_0}$$

式中 V_0——洗前浆中含废液体积

V——洗后提取废液的体积

4．洗涤流失率

$$洗涤流失率(\%)=\frac{洗涤流失量}{洗涤的粗浆量}\times 100$$

5．提取率：

洗涤过程所提取送回收系统的废液中固形物含量，与蒸煮后废液中固形物含量之比，实际上是洗涤效率减去泡、冒、滴、漏等各种损失。这是评定洗涤过程中设备运行和管理水平的指标。

$$提取率(\%)=\frac{每吨绝干粗浆洗出液中固形物量}{1000\times\frac{1-粗浆得率}{粗浆得率}+\frac{每吨绝干粗}{浆用药液量}}\times 100$$

一般黑液提取率、木浆90～98%，草浆85～95%。

（四）工艺条件对洗涤效率的影响

（1）草浆含硅量大，杂细胞多，纤维短、洗涤时容易糊网，脱水困难，黑液提取率比木浆低。

（2）从纤维润胀程度来观察，一般亚硫酸盐法浆比碱法浆好洗。用真空洗浆机洗涤中性亚硫酸盐麦草浆，其洗涤面积可比洗碱法草浆小25%。

（3）蒸煮得太软的浆脱水困难，面太硬的浆洗后浆中残留的黑液多，都影响提取率。

（4）纸浆含泡沫时，气泡会堵塞纤维之间的孔隙，影响脱水。

（5）浆料温度高，黑液的粘度小，滤水容易。

四、洗涤设备

（一）洗涤设备分类

目前洗浆设备分成以下几类：

1．稀释、混合和挤压过滤

如双辊挤浆机、螺旋挤浆机。

2．厚浆层置换

（1）固定床间隙置换：如球下洗浆池(采用静滤法)。

（2）固定床连续置换：如水平带式真空洗浆机、置换洗浆机、蒸煮锅内热洗。

（3）移动床连续置换：如立式连续蒸煮器内热洗。

3．薄浆层固定床连续置换

如真空洗浆机、压力洗浆机、双辊挤浆机等的鼓(辊)面置换洗涤。

以上各种设备均可多段串联逆流洗浆，供提取蒸煮废液。此外侧压式浓缩机、圆网浓缩机和循环式洗浆机等，仅作洗浆或作为提取出废液后的补充洗涤用。

（二）洗　浆　池

1．概述

（1）洗浆池可用于洗涤用各种方法蒸煮的浆料，并提取蒸煮废液供综合利用。其优点是结构简单，电耗低，但劳动强度大，用水量大，提取率低、纤维流失大。

（2）洗浆池的容积一般为蒸煮锅容积的1.5～2.5倍。

（3）洗涤一吨风干木浆需洗浆池的面积6～7米^2，一吨风干草浆需10米^2。

（4）一般碱法草浆洗涤8～8.5小时，碱法木浆5小时，洗净度可达到规定要求。亚硫酸镁法蔗渣浆洗涤四次，总时间6～6.5小时，洗净度为高锰酸钾250毫克/升。亚硫酸镁法竹浆洗涤四次，总时间6～6.5小时，洗净度为高锰酸钾100毫克/升。亚硫酸镁苇浆洗涤三次，总时间6小时，残酸在0.001%以下。亚硫酸钙马尾松浆洗涤四次，总时间4小时，洗净度为高锰酸钾100毫克/升。废液回收送往酒精车间的废酸液含糖量要求3%以

上。亚硫酸铵法三段淋洗时间约 3 小时。

2. 洗浆池结构

洗浆池结构如图8-1-1所示。

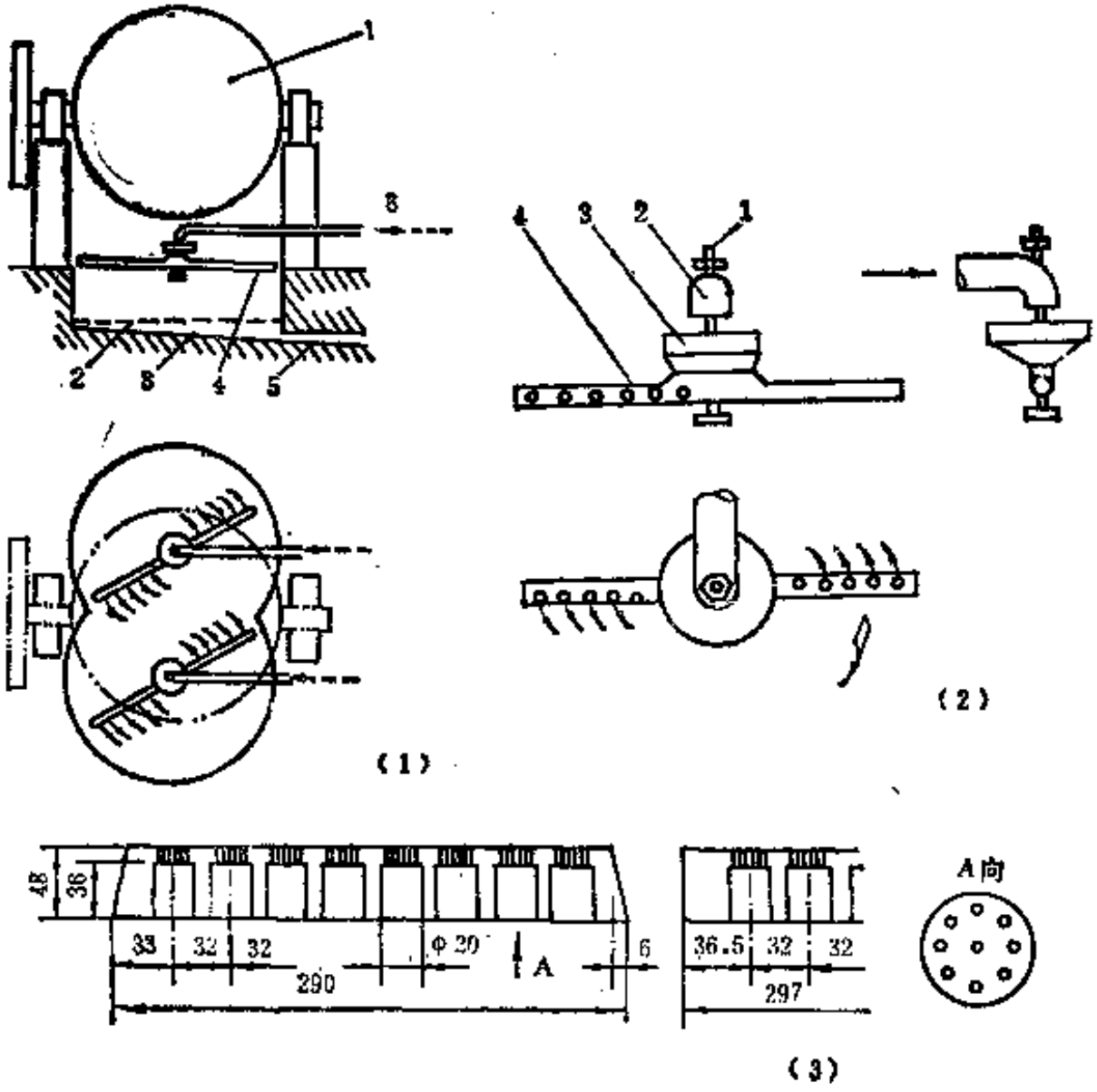


图8-1-1 洗浆池构造

(1) 球下洗浆池 1-蒸球 2-滤层(假底) 3-真底 4-自转式洒水管 5-排液口 6-洗涤水进口

(2) 自转式洒水管示意图 1-吊轴 2-进水管 3-水斗 4-洒水管

(3) 亚硫酸盐法假底的标准孔明砖断面及孔束

(1) 蒸煮后如采用喷放，则洗浆池应密闭，如采用开盖倒料则可敞开。

(2) 池底排水沟坡度 3～5 %，排水流速应低于 0.5米/秒。

（3）假底：一种是将带有孔眼的木板铺在假底的木梁（或水泥梁）上，覆盖以棕毯。一种是在假底的木（或水泥）梁上，铺上带小孔的耐酸砖，耐酸砖的小孔为锥形，上孔直径1毫米，下孔3毫米。表8-1-5为带孔耐酸过滤砖的化学成分及物理性能。

表8-1-5　　带孔耐酸过滤砖的化学成分与物理性能

密度	（克/厘米^3）	～2.1	～2.2
气孔率（体积比）	（%）	～15	
吸水率	（%）	2～5	小于5
耐酸度	（%）	～1.5	～1.5
抗压强度	（公斤/厘米^2）	～1250	～1250
导热率	（千卡/米·小时·℃）		0.9～1.05
近似化学成分（%）	SiO_2	71	70
	$Al_2O_3+TiO_2$	21	21
	Fe_2O_3	1.5	2.5
	MgO	1.5	1
	K_2O+Na_2O		2.5
	CaO	1	

3．洗浆方法

滤层式洗浆池的洗浆方法有翻洗和静滤两种：翻洗是用高压水冲浆，这时一部分水短路不通过整个滤层即流走，不利于洗涤水的充分扩散置换，所提取的滤液浓度稀，用水量大，洗涤效果差；而且翻洗不利于靠近过滤介质处的纤维过滤层的形成，纤维流失大；有时翻洗会造成局部浮浆。

静滤是先把池里的浆层铺平，然后在上方洒水淋洗。

4．洗浆池多段洗涤

在洗浆池中逆流多段洗涤时，废液在浆层中的流动速度主要决定于：

（1）排出液体的温度。

（2）每吨风干浆的过滤面积。通常木浆6～7米^2，草浆约10米^2。

（3）纸浆滤水后的浆层高度。一般不超过1.5米。

（4）排出废液和洗涤的方法。用泵抽走废液的速度要比自由流出速度大二倍。用热水（60°～80℃）淋洗浆料要比用冷水淋洗快2～3倍。通常洗浆池中亚硫酸盐木浆废液过滤速度为每小时每米^2滤板过滤量2.5～3.5米^3。

（5）多段洗涤的操作示意如图8-1-2所示。

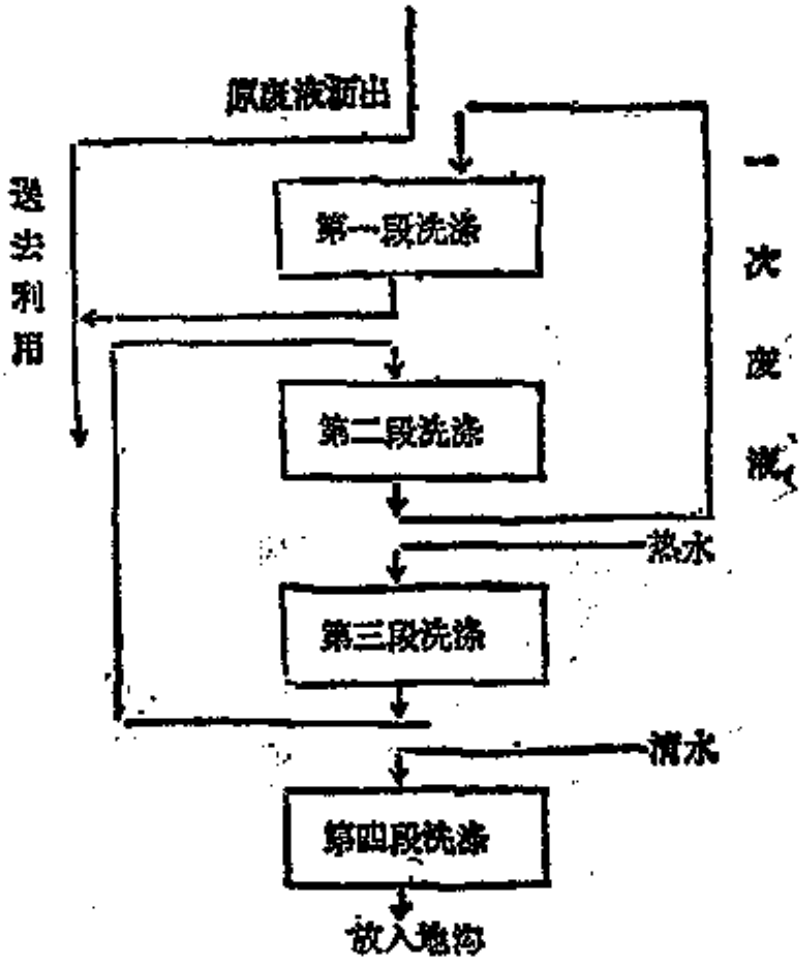


图8-1-2　洗浆池多段洗涤

5．淋洗中性亚硫酸铵（简称亚铵）法麦草浆

（1）废液在洗浆池提取流程如图8-1-3所示。球下洗浆池滤板孔眼ϕ3/ϕ5毫米。

（2）技术条件：

每吨绝干细浆提取浓黑液11～12米^3；

所提取黑液浓度4.5～5.0°B$_é$；

三段逆流淋洗后排出废液残余亚铵含量小于0.3克/升。

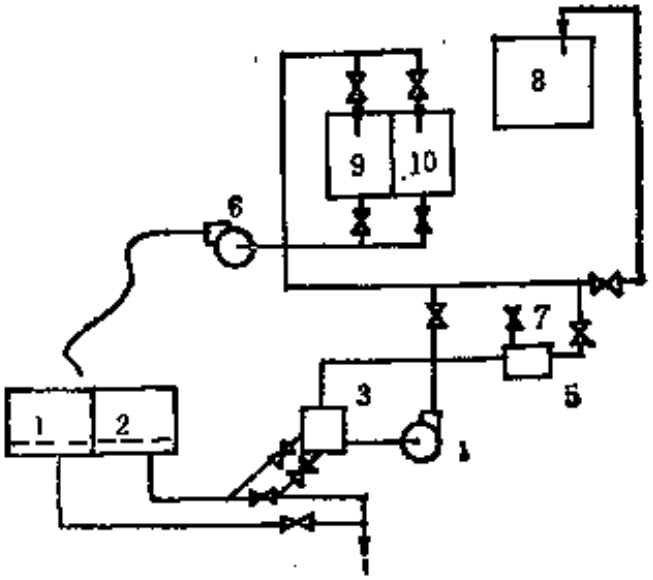


图8-1-3　亚铵法麦草浆黑液提取流程

1-8米³球下浆池　2-14米³球下浆池　3-气水分离器　4-黑液泵　5-φ80水环式真空泵　6-黑液冲洗泵　7-φ15引水管　8-浓黑液池　9-稀黑液池　10-半浓黑液池

（3）淋洗时浓度及成分变化如表8-1-6所示。

（4）三段逆流淋洗提取黑液操作程序如表8-1-7所示。

表8-1-6　　亚铵法麦草浆黑液三段逆洗淋洗时浓度及成分的变化

黑液名称	浓度(°B'_c)	含氮量(克/升)	含磷量(克/升)	K_2O含量(%)	含腐植酸(%)
原黑液	7.68	11.75	微量	0.41	5.30
浓黑液	4.80	7.27	微量	0.19	3.43
半浓黑液	0.9～1.38	1.47～2.17	—	—	—
稀黑液	0.30	0.42	—	—	—

（5）亚铵法麦草浆黑液含氮量与波美度的关系如图8-1-4所示。

注：实测波美度与20℃时的波美度的换算

$$°B'_{c20} = °B'_{ct} + A(t-20)$$

式中　$°B'_{c20}$ ——亚铵法麦草浆黑液在20℃时的波美度

$°B'_{ct}$ ——亚铵法麦草浆在测定温度时的波美度

表8-1-7　　三段逆流淋洗提取黑液操作程序

序号	操作程序 \ 时间(分) \ 球别	*1球（8米³）	*2球（14米³）	备注
1	开动冲洗泵抽半浓黑液，冲平浆料(分)	4～5	7～8	
2	静置过滤浓黑浆(分)	15～10	20～15	
3	第一段浓黑液淋洗(分)	15～16	20～25	3、4两项交叉
4	提取浓黑液(黑液泵)(分)	35～40	38～45	进行10分钟
5	第二段稀黑液淋洗(分)	25～30	40～42	5、6两项交叉
6	提取半浓黑液(真空泵)(分)	25～30	40～45	作业15～20分
7	第三段清水淋洗(分)	30～40	35～45	7、8两项交叉
8	提取稀黑液(真空泵)(分)	35～40	60～70	作业20～40分
	全程时间(时:分)	2:30	3:00	
	三段逆流淋洗提取终点残余亚铵(克/升)	0.23	0.29	

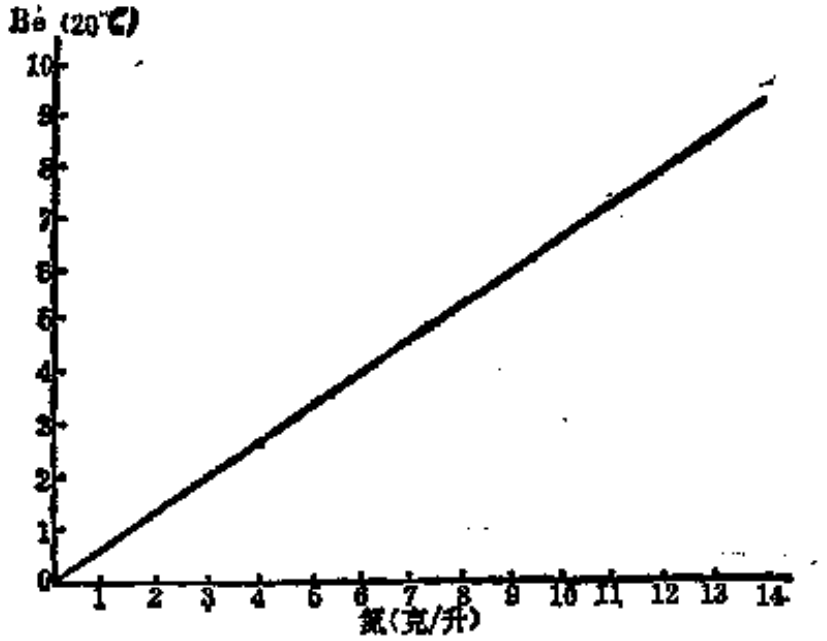


图8-1-4　亚铵法麦草浆黑液中含氮量与波美度的关系

t——测定时的温度(℃)

A——温度修正系数，A值随温度变化稍有不同。20～30℃时取0.036，30～40℃时取0.040。

6. 亚硫酸盐苇浆在洗涤过程中纤维的流失

见图8-1-5。

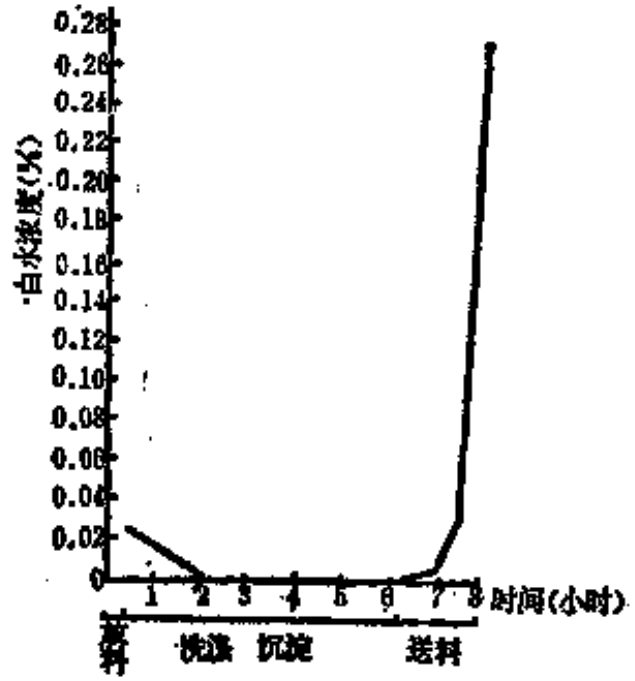


图8-1-5 洗涤过程中纤维的流失

7. 循环式洗浆池

纸浆在环形浆池内循环，而由浸入浆里的旋转洗鼓滤出洗液来达到洗浆的目的。洗鼓多为八角形畚斗式，以平皮带转动，这样在池内浆浓过高时允许打滑。

洗涤前后残碱变化如下：

$$X = X_0 e^{-\frac{Qt}{V}}$$

式中 X——洗后浆池中含残碱或固形物浓度(公斤/吨液体)

X_0——洗前浆池中含残碱或固形物浓度(公斤/吨液体)

Q——每小时加入或排出的水量(吨/小时)

t——洗涤时间(小时)

V——浆池中纸浆所含的液体量(吨)

e——自然对数值

技术特性如下：

推进器型式：螺旋桨式

转速：218转/分

容积：40米^3

洗鼓转速：11.2转/分

洗涤石灰法稻草浆(高锰酸钾值30)：洗前pH12，洗浆时间2小时，pH9，洗浆4小时，pH 8。

洗涤碱法稻麦草浆(高锰酸钾值10～14)，洗前残碱8克/升，洗涤4～5小时，残碱0.13克/升。

用水量：每吨风干浆75～100米^3。

洗浆浓度：5％(边加水边排水)

流失：2～3％

(三) B型鼓式真空洗浆机

1. 概述

(1) B型鼓式真空洗浆机(简称真空洗浆机)为格仓式，可按不同要求以不同台数串联。一般采用四台串联提取木浆、苇浆、蔗渣浆、竹浆、麦草浆等的浓黑液。

(2) B型鼓式真空洗浆机的结构如图8－1－6所示。

(3) 推荐采用的真空洗浆机工艺条件：

洗涤用水量	8～10米^3/吨浆
水腿内黑液流速	1～2米/秒
转鼓最小浸入角度	130°
分配阀真空度	200～300毫米汞柱
水腿位差	不小于9米
洗涤水温度	75～80℃

(4) 洗涤系统纤维流失约0.1％，黑液中纤维含量0.01％。洗浆用水量8～12米^3/吨浆。

(5) 真空洗浆机基础面至楼板高度约1米左右，以便进入槽底操作、检修。

(6) 安置真空洗浆机的厂房，要考虑安装转鼓时所需的空间，以及装卸各种辊子时在操作侧所占用的地位。

(7) 本设备有"Z"、"Y"(左右手)两种排列，两列并排布置时要考虑采用Z、Y排列。Z、Y二列相对布置时，其共同的操作侧宽3.5～5米。如20米^2真空洗浆机需4.5～5米。

(8) 近年来真空洗浆机结构方面的改进：整个转鼓都是焊接的，外层滤板为小块塑料板拼成，外包塑料网。分配头分为设在圆鼓中部和鼓外两种，滤液从两边往圆鼓中间集中，然后流出轴外，分配头用特种塑料，既有弹性，密封性又好，又耐磨。

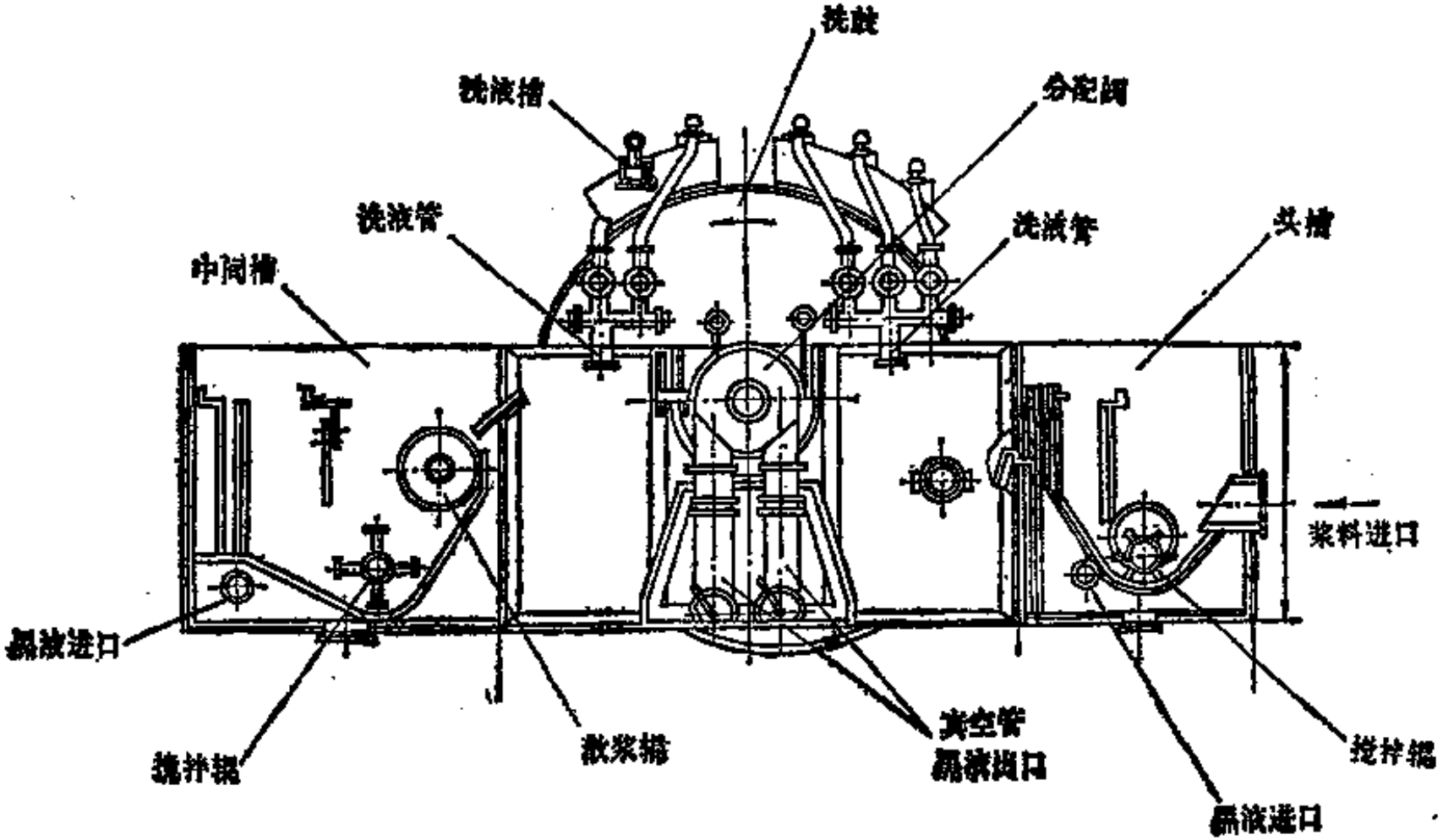


图 8－1－6　真空洗浆机结构

(9) 如采用真空泵抽吸，黑液温度超过50℃时，必须装设冷凝器以降低所需真空泵能力。

(10) 纸浆不易从滤网上脱落或糊网时，用鼓风机吹落浆层。

2. 真空洗浆机的技术特征

真空洗浆机分5米²、10米²、15米²、20米²四种。国内曾使用的真空洗浆机技术特征见表8-1-8，目前定型生产的真空洗浆机技术特征见表8-1-9。

表8-1-8　　国内曾使用的真空洗浆机技术特征(有左右手)

名　　称	5米²B型 真空洗浆机	10米²B型 真空洗浆机	15米²B型 真空洗浆机	20米²B型 真空洗浆机
图　　号 型　　号	QZ1495 ZN_2—5	QZ1496 ZN_2—10	QZ14100 LKGB—15 (上海化工机械厂)	QZ1475 ZN_2—20
转鼓规格(毫米)	φ1750×1020 袋式20格，单吸	φ2600×1300 袋式24格，单吸	φ2600×2000， 袋式24格，双吸	φ2600×2600， 袋式24格，双吸
转鼓转数(转/分)	1.5～4.5	0.8～2.4	0.5～3	1～3
转鼓电机	JO_241—6， 3千瓦	JN_2112M—6， 4千瓦	4千瓦	JO_2140S—4， 7.5千瓦
放空口(毫米)	φ100×1	φ150×1	φ150×2	φ150×2
分配(头)阀片外径(毫米)	φ650	φ610	φ625	φ610
水腿管(毫米)	φ125×2	φ175×2	φ115×4	φ200×2， φ150×2
刮料辊及线速(毫米)	φ115比较转鼓 线速高13%	φ136， 比转鼓高7%	φ140， 比转鼓高19.7%	φ136，线速8.75 ～26.25米/分

3. 真空洗浆机的生产能力

上浆浓度与生产能力的关系见图8-1-7。

4. 真空洗浆机的洗涤流程 (图8-1-8)

说明：

(1) 洗涤木浆时，有的先经除节机，筛除木节及硬块、杂物，除节机筛孔一般为φ16毫米，也有的将除节机置于洗浆机之

表8-1-9　　ZNK系列鼓式真空洗浆机组技术特征

	ZNK15	ZNK12	ZNK13	ZNK14
1. 生产能力(吨/日)	20～25	40～50	60～75	80～100
2. 过滤面积(米²)	5	10	15	20
3. 洗鼓尺寸(毫米)	φ1750×1000	φ2600×1300	φ2600×2000	φ2600×2600
4. 洗鼓转速(转/分)	1.5～4.5	0.8～2.4	0.27～2.7	1～3
5. 电动机	JCH662, 2.6千瓦1台	JO_2-42-8, 3千瓦1台	JO_2,51-8 4千瓦1台	JO_2-140S-8, 4千瓦1台
	JO_2-51-8, 4千瓦1～3台	JO_2-52-6, 7.5千瓦1～3台	JO_2-61-8, 7.5千台1～3台	JO_2-160M-8, 11千瓦1～3台
	JO_2-41-6, 3千瓦2～4台	JO_2-42-6, 4千瓦2～4台	JZJ41-4, 4千瓦2～4台	JO_2-140S-4, 7.5千瓦2～4台
6. 排列方式	分左、右手，有二台、三台、四台串联各种型式			
7. 外形尺寸(毫米)				
二台串联	7050×3638×2225			10700×6000×3200
三台串联	10762×3638×2226			15700×5200×3200
四台串联	14472×3638×2225			20710×5200×3200
8. 重量(公斤)				
二台串联	14850	26000	30900	42000
三台串联	22550	38000	46900	62000
四台串联	30200	55000	62900	82000

表8-1-10　　真空洗浆机的生产能力

浆　种	生产能力(吨/米²·24小时)
硫酸盐马尾松木浆	4～5
硫酸盐阔叶树木浆	3.5～4.0
硫酸盐荻苇漂白浆	3.0～3.8
硫酸盐竹漂白浆	2.5～3.5
硫酸盐芒秆漂白浆	2.5～3.0
硫酸盐蔗渣漂白浆	2.5～3.0
硫酸盐麦草漂白浆	1.8～2.0
硫酸盐稻草漂白浆	1.5～2.0

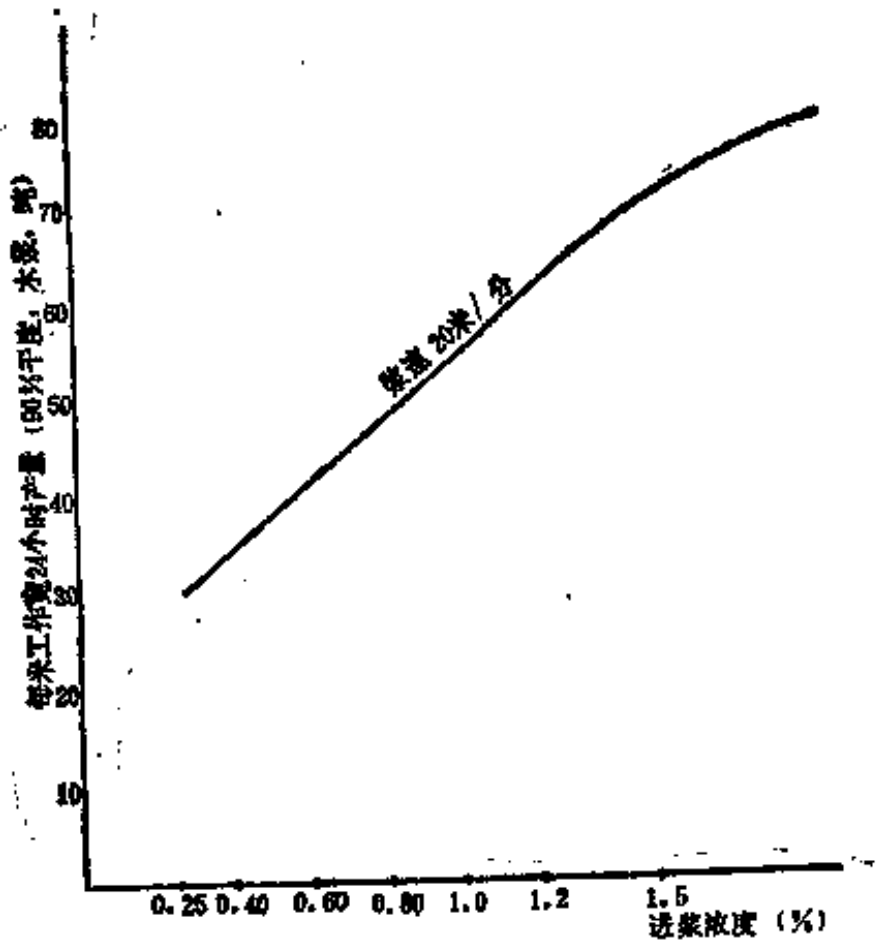


图 8－1－7　φ1750毫米真空洗浆机上浆浓度与生产能力的关系

注：出浆浓度为10～12%，产量根据浆种、洗净度要求而定

后。洗涤木浆一般是利用黑液在管道排出时的位差，即水腿作用产生真空。

（2）洗涤草浆时，一般除节机放在洗浆机后，由于草浆滤水困难，需较高的真空度。需配真空泵、气液分离器、高位冷凝器以及捕集器等装备，如表 8－1－12～表 8－1－14。

（3）每组洗浆机装有高压风机一台，以加强滤网清洗并吹落浆层。一般20米^2真空洗浆机配 8－18－1 高压离心通风机；风量3320米^3/时，压力1070毫米水柱，JO,71—2，22千瓦。

（4）木浆脱水性能较好，进浆浓度1%左右；草浆脱水性能差，则进浆浓度较高，其工艺条件如表 8－1－11所示。

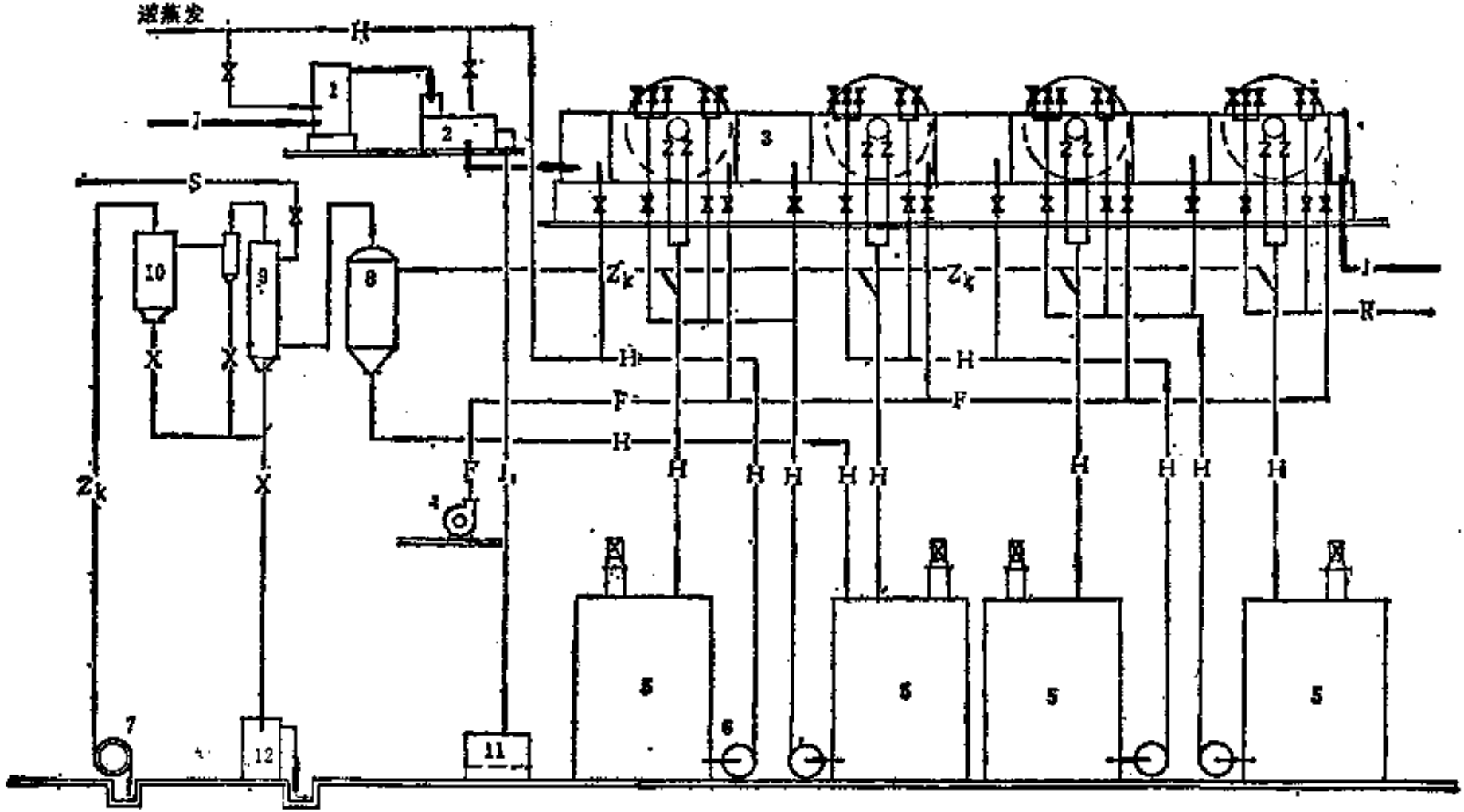


图 8－1－8　四台真空洗浆机的洗涤流程

1—压力混合箱　2—振框式平筛　3—真空洗浆机　4—高压离心通风机　5—黑液槽　6—黑液泵　7—真空泵　8—受集器　9—高位冷凝器　10—收集器　11—粗渣槽　12—水封槽　J_1—浆渣　J—浆　S—清水　R—热水　H—黑液　F—高压风　X—污水　Z_k—真空

5．四台串联真空洗浆机黑液平衡计算示例

从蒸煮锅随浆料来的黑液量　　米³/吨浆……6.6

黑液固形物　　公斤/吨浆……1750

喷放锅下部浆料浓度　　%……3

进洗浆机浆料浓度　　%……1.25

出洗浆机浆料浓度　　%……14

洗涤热水用量　　米³/吨浆……8

由于洗涤系统是封闭的，没有物质排入池沟，故总平衡方程为

$$V_0 + W = V + M$$

式中　V_0——从蒸煮锅随浆料来的黑液量(除喷放时的蒸汽)

W——洗涤用水量

V——返回蒸煮与送回收车间的黑液量

M——随洗涤浆料带去的水量

上式中V_0、W已知，洗后浆料含水量以12%水份计，则：

$$M = 0.88 \times \frac{100-14}{14} = 5.4\text{米}^3/\text{吨风干浆}$$

可利用黑液量为：

$$V = V_0 + W - M = 6.6 + 8 - 5.4 = 9.2\text{米}^3/\text{吨浆}$$

绝干固形物的总平衡为：

$$G_0 = G + N$$

式中　G_0——从蒸煮锅来的黑液中固形物量

G——可利用黑液中的固形物量

N——洗后浆带走的固形物量

设在正常条件下，洗后浆料带走的碱约30公斤芒硝/吨浆(95%Na_2SO_4)，黑液固形物中约含23%Na_2O，则绝干固形物的损失为：

$$N = 30 \times 0.95 \times \frac{62}{142} \times \frac{100}{23} = 54\text{公斤/吨浆}$$

表8-1-11　　真空洗浆机的工艺

浆　　种		竹　浆	甘蔗浆	红松白松	落叶松
洗浆机型式		格　　仓		管　　式	格　　仓
洗浆机规格(毫米)		ϕ1750×2100			ϕ2600×2600
洗浆机单台面积(米²)		10		20	20
串联台数		3		4	4
纸浆硬度				贝克曼138～145	卡伯值40～45
高锰酸钾值		8～12	6～8		
每米²网面每昼夜产量(绝干浆吨)		3.1～4.8	2.4	4.5	5～5.5
洗净度(Na_2O毫克/升)		650		250～500	270
进浆浓度(%)		0.8～1.2	1以下	I. 1.5～1.8 其它1.3～1.6	1.35
转鼓出口干度(%)	I	10～12	8～12	9以上	14
	II	13～15			
	III	13～15			
	IV			11以上	
转鼓出口浆层厚(毫米)	I	10～25	10～15	15～30	
	II	10～20			
	III	10～20			15
	IV				
转鼓转速(秒/转)	I	45～60	62	2～3转/分	22.5
	II	30～45			20.2
	III	30～50			20.1
	IV				20
真空度(毫米汞柱)	I	80～150	230～280	100～300	200～250
	II	80～120	80		
	III	80～120	120		
	IV				
热水加入量米³/℃				8～10.5 / 50～70℃	10～11 / 45℃

条件(硫酸盐法浆)

马尾松	荻苇	荻苇	芒杆	麦草
格仓	格仓	格仓	格仓	格仓
ϕ2600×2600	ϕ2600×2600	ϕ2600×2600	ϕ2600×2600	ϕ2600×1300
20	20	20	20	10
4	4	4	4	4
卡伯值25～35			粗浆有效氯4.1%	
	6～8	6.5～7.5		9.5～12
4～6	5.77	3.6	5.7	2～2.5
69	674	200～300	899	40
1.38	5(Ⅰ) 2.6(Ⅱ) 4.7(Ⅲ)2.4(Ⅳ)		2.8(Ⅰ) 2.9(Ⅱ) 3.2(Ⅲ)3.5(Ⅳ)	2～3(Ⅰ)2～3.5 (Ⅱ)2～3.5(Ⅲ) 1.5～2.5(Ⅳ)
10.8	11.2		11	8～12
10.4	13.8		13.3	9～11
10.91	11.8		14.5	9～11
10.6	14.5		15.4	9～14
				15～18
				8～11
			11	7～10
				7～10
			35	50～70
			30	25～35
			25	25～35
			20	30～40
	0～20		80	300～400
	80～140		100	300～400
	180～320		200	300～400
	270～290		220	300～400
10～12	10～11		12.3 / 70℃	12 / 80℃

表8-1-12　　真空泵配置示例

浆种	硫酸盐草浆	氯化法蔗渣浆	碱法稻草浆	碱法竹浆
真空洗浆机面积(米²)	20	23.2	57.94	20
串联台数（台）	4	1	3	4
总面积（米²）	80	23.2	172.5	80
真空抽气量（米³/分）	30～45	22.6	46	25～30
真空泵真空度（汞柱）	500毫米	560毫米	—	500
电动机功率（千瓦）	75	33.5	—	55
实测电流（安）	80	—	—	—
单位面积抽气量（米³/分/米²网面积）	0.375～0.563	0.983	0.266	0.31～0.375

表8-1-13　　真空泵配套设备

图号	名称	规格	备注
QTZ3—231	气液分离器	ϕ600×1500毫米，0.4米³	用于每台真空洗浆机
GZ5314	受集器	ϕ1300×3500毫米	
1528	高位冷凝器	ϕ800×3785毫米	
T1417	高位冷凝器	ϕ600×2965毫米	
T1416	收集器	ϕ900×2495毫米，1.6米³	
QZ1467	分沫器	ϕ700×1023毫米，0.6米³	

可利用的黑液中绝干固形物为，

$$G = GO - N = 1750 - 54 = 1696\text{公斤/吨浆}$$

其浓度$C = \frac{1696}{9.2} = 184$克/升，即12°'Be(15℃)

洗涤效率$\eta = \frac{G}{G_0} = \frac{1696}{1750} = 0.97$

相对浓度$f = \frac{C}{C_0} = \frac{184}{265} = 0.695$

相对体积$m = \frac{V}{V_0} = \frac{9.2}{6.6} = 1.39$

表8-1-14　　汽水分离器、受集器和冷凝器配用表

装用过滤机总面积（米²）	受集器			汽水分离器		冷凝器
	容积（米³）	台数		容积（米³）	台数	直径×总高度（毫米）
		过滤区与洗涤区排液分开	过滤区与洗涤区共同排液			
5	1.6	2	1	0.4	1	φ325×1940
10						
15	2.7	2	1	1.2	1	φ600×2965
20						
30	3.7	2	1			φ800×3785
40						
50						
60	3.7	4	2	1.2	2	
80						
100						
120						

注：(1) 1.6米³受集器规格：φ900×2495毫米；3.7米³规格：φ1300×3500毫米。
(2) 0.4米³汽水分离器规格：φ600×1455毫米。

$$C=\frac{G}{V}=\frac{G_0-N}{V_0+W-M}$$

式中W、C和N为变数。假设洗后浆料带走的碱与洗涤用水量无关，则比例中的洗涤用水量与可利用黑液浓度之间有如下近似关系：

$$C=\frac{1750-54}{6.6+W-5.4}=\frac{1696}{1.2+W}$$

不同用水量与洗涤指标的关系见表 8－1－15。

6．每分钟单位面积空气消耗量

高压风机(吹浆用)：压力0.25～0.5公斤/厘米²

额定空气消耗量0.1～0.4米³/米²·分

真空泵　　0.5～1.5米³/米²·分

表8-1-15　　用水量与洗涤指标的关系

洗涤用水量 W(米³/吨浆)	可利用黑液的浓度C(克/升)	黑液波美度(15℃)	可利用黑液量 V(米³/吨浆)	稀释因子 (米³/吨浆)	相对浓度 f	相对体积 M
5.2	265	16.3	6.4	—0.2	1.0	0.97
5.4	257	15.8	6.6	0.0	0.97	1.00
6.0	236	14.7	7.2	0.6	0.87	1.09
7.0	207	13.3	8.2	1.6	0.78	1.24
8.0	184	12.0	9.2	2.6	0.695	1.39
9.0	166	11.0	10.2	3.6	0.625	1.55
10.0	152	10.3	11.2	4.6	0.1575	1.70
11.0	139	9.6	12.1	5.6	0.1525	1.85

注：当用水量为5.4米³/吨浆时，理论上可完全置换浆中等量黑液，但事实上达不到，故实际用水量要8米³以上，才能获得较高的提取率。

（四）压力洗浆机

1. 概述

（1）压力洗浆机系利用风压和大气压的压差提高过滤效能，它可安装在较低的楼面上(一般为4～6米)。

（2）对进浆量和浆料浓度适应性较大，不易掉网，即使出现掉网或堆浆也容易处理。

（3）压力洗浆机密封性好，因此工作条件好，基本上可实现仪表自动控制，操作方便。洗涤过程温度下降较少。

（4）对于亚硫酸钙盐浆厂，钙的结垢清洗方便。

（5）由于压力洗浆机各段之间借轴流泵输送浆料，而且高压风机也需动力，因此电耗较大。

（6）压力洗浆机可分单台一段或单台两段洗涤。三台六段洗涤可用于提取各种浆料的蒸煮废液。用水量与真空洗浆机同。

（7）洗涤系统纤维流失约0.1%。蒸煮废液中纤维浓度0.01%。

（8）压力洗浆机用于洗涤亚硫酸盐浆，所产生的SO_2等气体不致逸出污染大气，同时有尾气管可将SO_2回收利用。

（9）使用压力洗浆机时，除节机可放在洗涤后面，以提高提取率。

（10）压力洗浆机的结构如图8-1-9所示。

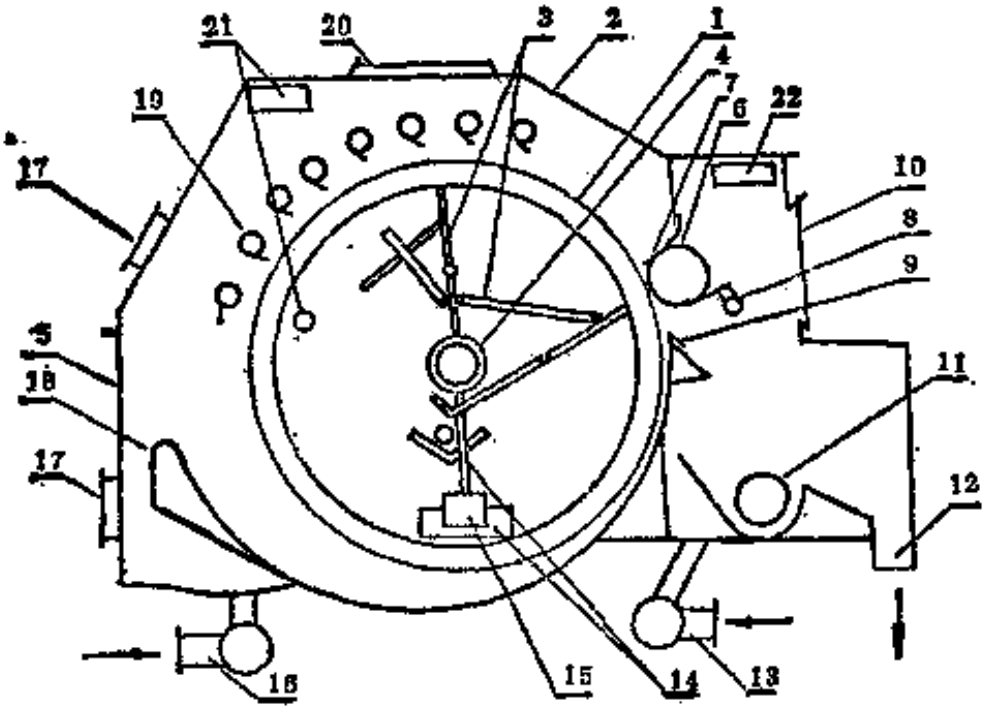


图 8-1-9　压力洗浆机

1—洗鼓　2—上壳　3—黑液盘和拉杆　4—大轴和黑液盘轴承　5—下壳　6—密封辊　7—胶带　8—刮刀和喷水管　9—刮刀　10—挂板　11—打散器　12—浆料出口　13—黑液进口　14—黑液出口　15—平衡锤　16—浆料进口　17—人孔　18—溜浆板　19—喷洗管　20—检修口　21—进风口　22—出风口

（11）为加大压差，新式压力洗浆机除在洗鼓外加压外，鼓内还抽真空，如图8-1-10的HP型压力洗浆机。

2．压力洗浆机的主要技术特性

（1）国内曾使用的压力洗浆机的技术特征见表8-1-16，目前定型的2NY系列压力洗浆机技术特征见表8-1-17。

（2）附属配套设备如表8-1-18、8-1-19、8-1-20所示。

3．压力洗浆机的生产能力

图8-1-11为压力洗浆机单位面积负荷与置换比的关系。

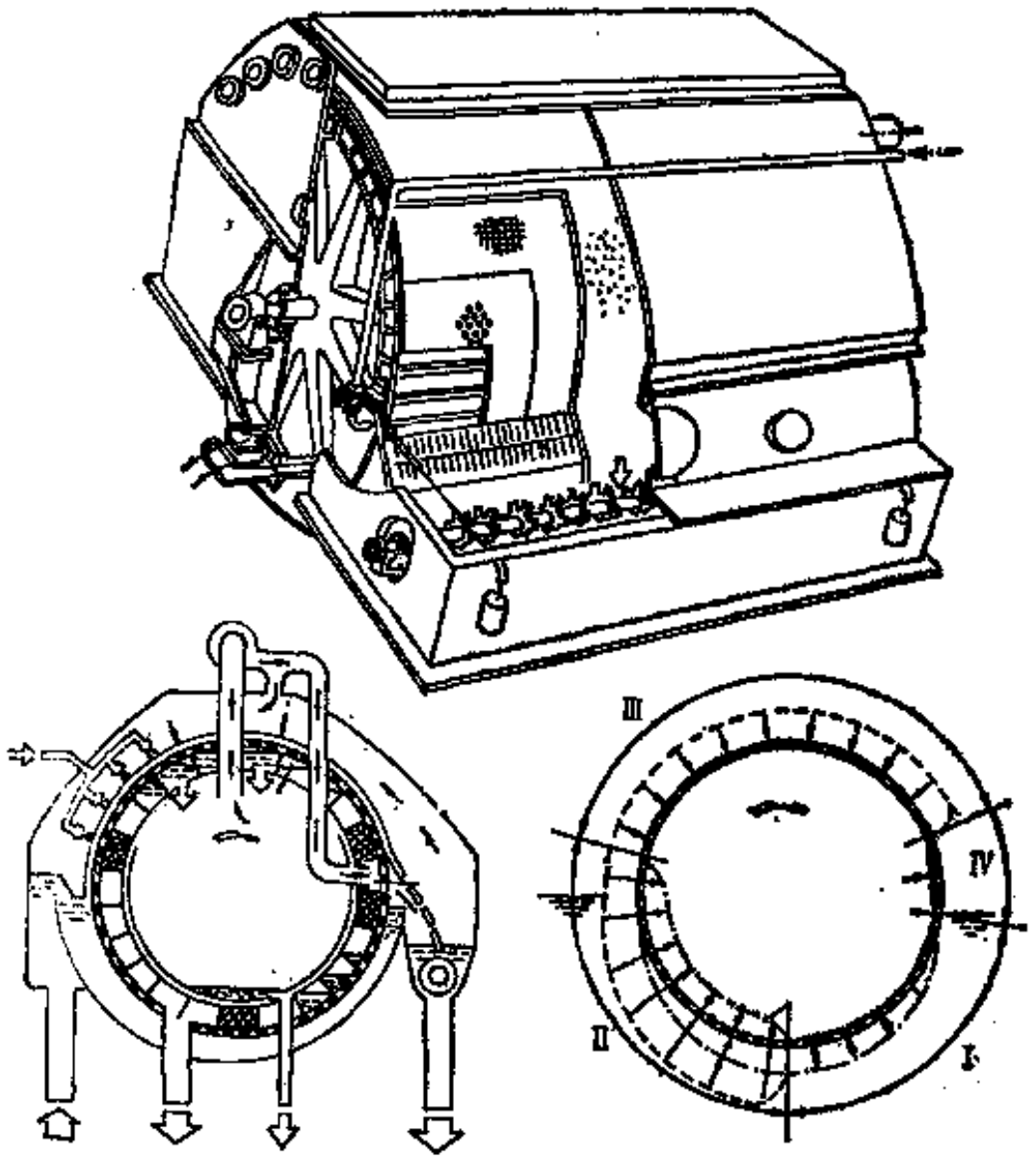


图 8－1－10　HP型压力洗浆机

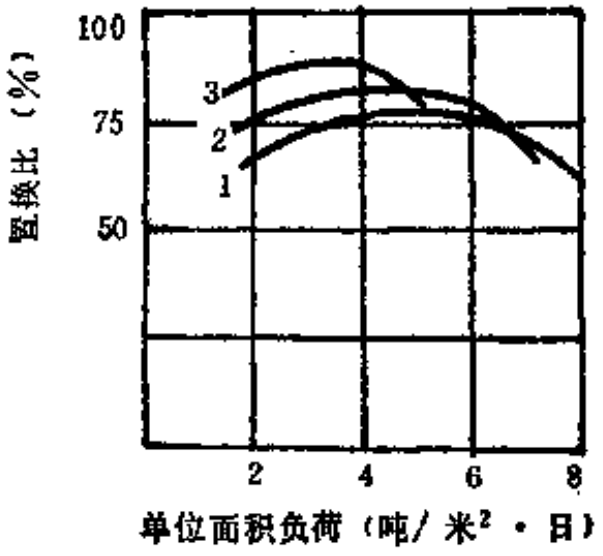


图 8－1－11　中性亚硫酸盐浆采用3台压力洗浆机串联时，洗浆负荷与置换比的关系。

图中1、2、3为洗浆机单台效数

表8-1-16　　压力洗浆机的技术特征

名称		8米²压力洗浆机	15米²压力洗浆机	25米²压力洗浆机	35米²压力洗浆机	45米²压力洗浆机	55米²压力洗浆机
图号		HQC520	AOZ14158	AQZ14165	AQZ14164	AQZ14153	
洗鼓规格(毫米)		φ2500×1000	φ2500×1900	φ2500×3200	φ3508×3200	φ3508×4100	φ3500×5000
型号		ZNY1	ZNY2	ZNY3	ZNY4	ZNY5	
主电机型号		Z_2—42D_2	Z_2—51D_2	Z_2—52D_2	Z_2—61O_2	Z_2—62D_2	
		4千瓦1500转/分	5.5千瓦1500转/分	7.5千瓦1500转/分	10千瓦1500转/分	13千瓦1500转/分	17千瓦
洗鼓转数(转/分)		0.8～3.5	1～13	1～3	1.08～3.255	1.08～3.255	1～3.2
鼓浆机电机型号		$JO_2$32—6	$ZO_2$42—6	$JO_2$132S—6	JO_2—132M	JO_2—132M	JO_2—132M
		2.2千瓦	4千瓦	5.5千瓦	7.5千瓦	7.5千瓦	7.5千瓦
外形尺寸(毫米)			4300×3910×3513	5200×4830×3520	6400×5215×4970	6400×6110×4970	
最大件尺寸(毫米)			φ2500×3560	φ2500×4931	3508×4970	φ3508×5870	
设备重量	设备净重(吨/台)		15.3	20.3	31/26	34.6/29.4	40
	满载总重(吨/台)	31	44.6	68/63	80/75		
	最大件重量(槽体)公斤	3958	7000	6930/7686	13030/8968		
	注			碱洗用/酸洗用	碱法用/酸法用		

表8-1-17　　ZNY 系 列 压 力 洗 浆 机

项目 \ 型号	ZNY2	ZNY3	ZNY4	ZNY4F	ZNY5	ZNY5F
1. 公称过滤面积(米²)	15	25	35	35	45	45
2. 进浆/出浆浓度(%)	1～1.2/12	1～1.2/12	1～1.2/12	1～1.2/12	1～1.2/12	1～1.2/12
3. 生产能力(吨/日)						
木浆	55～65	80～100	115～155	130～180	150～200	170～230
苇浆	35～45	60～75	80～100		140～140	
4. 转鼓规格(毫米)	φ2500×1900	φ2500×3200	φ3500×3200	φ3500×3200	φ3500×4100	φ3500×4100
5. 转鼓转速(转/分)	1.2～3.4	1～3	1～3.5	1～3.5	1～3.25	1～3.25
6. 电动机洗浆机用(1台)	Z_2—51，5.5千瓦	Z_2—52，7.5千瓦	Z_2—61，10千瓦	Z_2—61，10千瓦	Z_2—62，13千瓦	Z_2—62，13千瓦
出料螺旋用(1台)	JO_2—42—6，4千瓦	JO_3—132S—6，5.5千瓦	JO_3—132M 7.5千瓦	JO_3—132M，7.5千瓦	JO_3—132M，7.5千瓦	JO_3—132M，7.5千瓦
7. 外形尺寸(毫米)						
Ⅰ型	4810×3910×3513	5200×4830×3520	6400×5215×4970	6400×5215×4970	6400×6115×4970	6400×6115×4970
Ⅱ型	4700×4830×3520	5200×4830×3520	5750×5215×4650	5750×5215×4650	5751×6115×4650	5751×6115×4650
8. 重量(单台)(吨)	15.27	20.3	31	26	34.6	29.4

表8-1-18　　高压风机规格

名称 \ 图号	AQZ 9940	AQZ 9957	AQZ 9958	AQZ 9959
叶轮ϕ×B(毫米)	ϕ800×50	ϕ800×55	ϕ800×65	ϕ800×75
风压(毫米水柱)	1500	1500	1500	1500
风量(米³/秒)	0.4	0.1	1.3	1.7
电动机型号	JO₂71—2	JO₂—200M	JO₂—225S	JO₂—225M
	22千瓦	37千瓦	45千瓦	55千瓦
配套的压力洗浆机规格	8米²、15米²	25米²	35米²	45米²

表8-1-19　　ϕ350轴流泵性能

图号	型式	安放角	原料(米³/时)	扬程(米)	功率 轴功率	功率 配用电机	叶轮(转/分)	外形尺寸及重量
AQZ1944	用于35米²压力洗浆机	−2°	709	4.48	12.9	JO₂—180L 22千瓦	970	2000×600×720毫米
用于碱法浆			872	2.88	9.75			
AQZ1947			947	2.05	8.1			
用于酸法浆	用于45米²压力洗浆机	+2°	1030	5.05	19.2	JO₂—200M 30千瓦		588公斤
			1190	3.85	16.3			
			1332	2.74	13.6			

4. 压力洗浆机洗浆流程及工艺条件

洗浆流程如图8-1-12所示。

使用压力洗浆机时根据浆种和生产要求可采用二台三段、三台五段或三台六段。一般酸法浆采用二台串联，碱法硬浆采用三台串联。

用压力洗浆机洗涤硫酸盐木浆的生产工艺条件：

喷放锅锥部浆浓度　　2.6～3%

浆泵后浆料浓度　　1.6～1.7%

进头槽浆料浓度　　1*机0.9～1.1%

表8-1-20　　φ250轴流泵性能

图　号	安放角	流　量（米³/时）	扬程（米）	轴功率（千瓦）	电机型号	外形尺寸（毫米）	重　量（公斤）
AQZ1943	−5°	390	5.18	7.8	JO₂—160S 15千瓦 1460转/分	1600×450×650	364
		480	3.32	6			
		521	2.37	4.95			
	0°	442	6	10.2			
		554	4.32	8.4			
		631	2.66	5.8			
	5°	562	5.77	11.7			
		645	4.42	9.9			
		724	3.14	8.2			
	10°	678	5.42	13.3			
		760	4.37	11.6			
		833	3.28	9.85			

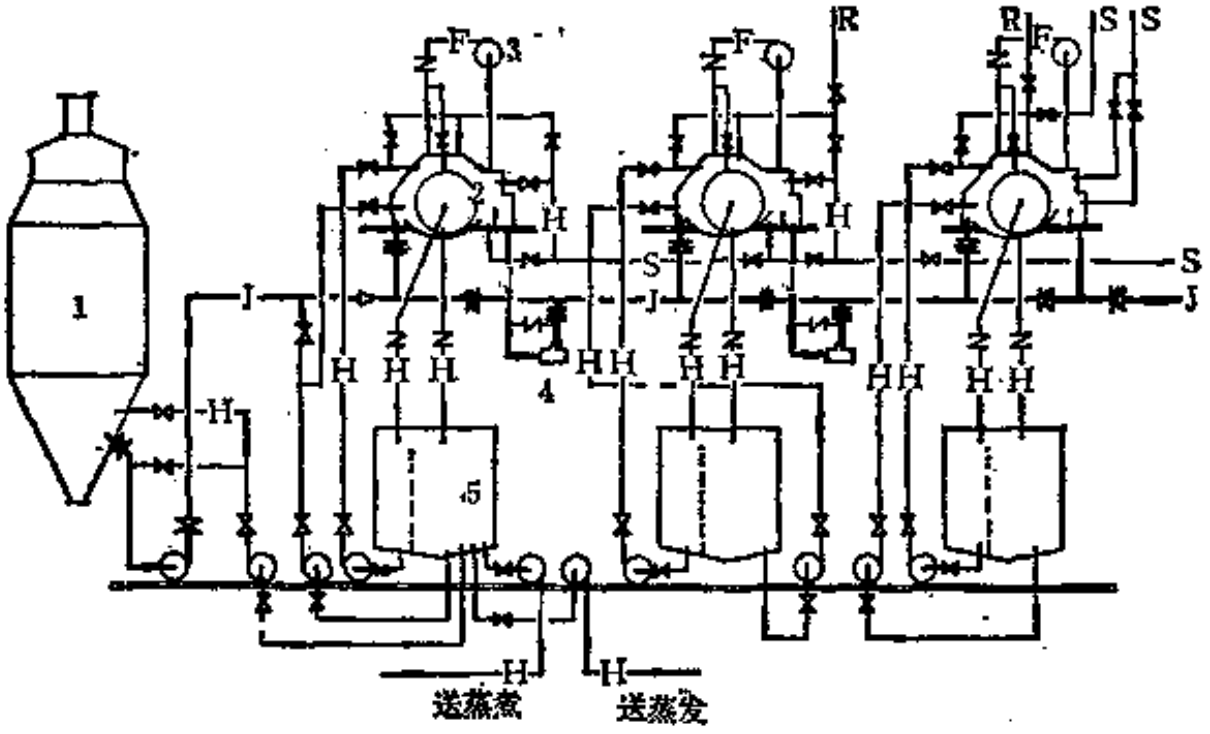
表8-1-21　　压力洗浆机的生产能力

材　　种	单位产量（吨风干浆/米²/24小时）	
	标　准	最　大
硫　酸　盐　浆		
芬兰松：罗依价5，纤维长2.6～4.4毫米	4.2	5.0
芬兰桦木：罗依价3，纤维长0.8～1.6毫米	4.1	4.8
巴西桉木：打浆度19°SR，纤维长0.7毫米	2.9	3.8
草：　26°SR	2.0	2.5
中　性　亚　硫　酸　浆		
芬兰桦木：得率74%，打浆度15°SR	4.2	5.2
钙　基　酸　法　浆		
芬兰枞木：纤维长2.8～3.8	5.5	6.0

表8-1-22　　用压力洗浆机洗涤木浆实例

制浆方法	生产规模（风干吨/日）	压力洗浆机规格				单位面积能力（吨/米²·日）
		台数	每台效数	洗鼓规格	面积（米²）	
亚硫酸氢镁法	485	3	2	ϕ4×7米	87.5	5.54
镁盐基亚硫酸盐法	200	*1	2	ϕ3×4米	37	5.41
亚硫酸氢镁法	310	3	2	ϕ3.5×5米	55	5.64
钙盐基亚硫酸盐法	420	3	2	ϕ4×6.5米	82	5.12
钠盐基亚硫酸盐法	250	2	2	ϕ3.5×5米	55	4.55
钙盐基亚硫酸盐法	250	2	2	ϕ3.5×5米	55	4.55
镁盐基亚硫酸盐法溶解浆	300	3		ϕ3.5×6米	66	4.55
钠盐基亚硫酸盐法溶解浆	555	3	2	ϕ4×8米	100	5.55
锯屑硫酸盐浆	60	2	第1台3	ϕ3×3.2米	30	1.67
中性亚硫酸盐浆	400	3	2	ϕ4×6.5	82	4.88
中性钠盐基半化学浆	600	3	2	ϕ4×8	100	6.0

* 与蒸煮锅置换及喷放池洗涤串联，稀释因子1.8，提取率98%。



图—— 1-12　三台压力洗浆机的洗涤流程

1—喷放锅　2—压力洗浆机　3—高压风机　4—轴流泵　5—黑液槽　J—浆　S—清水　R—热水　H—黑液　F—高压风

	2#、3#机1.0～1.4%
头槽风压	0.5～1.1米水柱
洗鼓内风压	0～3厘米水柱
洗鼓上浆层厚度	28～35毫米
密封辊压力	1#、2#机1～2公斤/厘米^2
	3#机2～3公斤/厘米^2
大黑液槽液位	1#机1.5～2.5米
	#2、#3机1.5～2.8米
小黑液槽液位	1#机2.8米
	2#、3#机3.5米
热水温度	80～85°

压力洗浆机的有关工艺数据，如表8-1-24所示。

5. 主要参数对洗浆质量的影响

（1）纸浆硬度：其它条件相同时，硬度高细浆带走的残碱多。以硫酸盐法马尾松浆为例，纸浆硬度为62～72卡伯价时，细浆带走碱4.26公斤Na_2O/吨浆；硬度48～60卡伯价时，细浆带走碱2.77公斤Na_2O/吨浆。

（2）浆中含气泡：当浆层内和喷洗液内含有小气泡时，过滤阻力大，喷上的洗液滤不干。例如，用3台压力洗浆机洗涤马尾松硫酸盐木浆，因三号黑液槽有泡沫，#2压力洗浆机脱水效果较差，平均浆层干度仅9.8%，而#1机可达14.7%，#3机12.5%。

（3）洗涤水温度：提高洗涤水的温度，有利于扩散。一般要求水温在85～90℃之间。

（4）洗鼓转速：在不引起前槽堆浆的条件下，适当降低转速，有利于提高浆层干度，减少泡沫。如表8-1-25所示。

（5）风压：风压大，洗浆效果好，风压提高0.1米水柱，洗净度可提高32.8%。原来残碱9.8公斤/吨浆，提高风压后可降至6.6公斤/吨浆。如表8-1-26所示。

（6）稀释因子与回收率的关系见图8-1-13至8-1-15。

表8-1-23　　几种规格的压力洗浆机的使用情况

浆　种	马尾松硫酸盐浆	漂白硫酸盐蔗渣浆	落叶松亚硫酸镁盐漂白浆
压力洗浆机规格	φ3500×4000	φ3000×3600	φ2500×3000
单台压力洗浆机过滤面积(米²)	44	34	23.6
主传动电机台数×功率(千瓦)	3×5/15+3×0.37	2×5/15+2×0.37	2×1.6/6.6+3×0.37
转速(转/分)	450/1450，3000	450/1350，2790	340.0/1450，3000
台数×段数	3×6	2×3	2×4
碎浆机　台数×电机功率(千瓦)			1×5.5
螺旋输送机　台数×电机功率(千瓦)		2×5.5	1×5.5
轴流泵　台数×功率(千瓦)	2×30	1×15	1×17
流量(米³/分)×扬程(米)	12×3	6×3	5×3
高压风机　台数×功率(千瓦)	3×40	2×45	2×40
转速(转/分)	3000	2960	3000
黑液槽　台数×容积(米²)	1×250+2×200	1×100+1×50	2×50
泡沫槽　台数×容积(米²)	1×150	1×50	-
黑液槽各段容积(米³)　Ⅰ段	236外槽　共一大槽	90外槽　共一大槽	
Ⅱ段	25内槽 φ8500×4612毫米	10内槽φ5200×4700毫米	
Ⅲ段	178内槽	50φ4000×4000毫米	
Ⅳ段	26内槽		
Ⅴ段	178内槽		
Ⅵ段	25内槽		

6．洗涤规程

（1）经常检查喷放锅搅拌器电流负荷，控制纸浆浓度。

（2）保持上浆量稳定

（3）和真空洗浆机一样，压力洗浆机系统的启动，也是以流程的后面开始，以三台串联洗浆为例启动顺序为：

表8-1-24　　压力洗浆机的工艺数据

过滤面积(米²)		24	34	44	65
产量(绝干吨/24小时) 浆种		76.4 亚硫酸镁盐木浆	67.6 漂白半化学草浆	152.9 硫酸盐木浆	162 硫酸盐木浆
浓度%	进口	1.2	1.08	1.2	1.2
	出口	12	11.3	12	12
洗涤水量(米³/吨绝干浆)		9.4	10.1	9.6	11
送蒸发黑液量(米³/吨绝干浆)		9.4	8.61	9.5	
单位面积产量(吨绝干/24小时·米³)		3.2	1.7*	3.48	2.95
最后一台送浆浓度		3.5	5	3.5	3

*实际能力：漂白硫酸盐芒杆浆2.3吨/24小时·米²；
洗后浆含NaOH　0.186克/升。

表8-1-25　　转速的影响

机号	慢速(30秒/转)		中速(20秒/转)		高速(10秒/转)	
	残碱公斤(Na_2O/吨浆)	干度(%)	残碱(公斤Na_2O/吨浆)	干度(%)	残碱(公斤Na_2O/吨浆)	干度(%)
*1	22.1	15.6	25.3	14	23.5	14.2
*2	14.4	11.2	18.3	9.2	18.1	9.5
*3	11.2	11.1	9.7	13.1	7.2	12.2

表8-1-26　风压提高0.1米水柱时，浆层残碱与干度的变化

机号	一号机		二号机		三号机		
项目 / 数据	残碱下降(公斤/吨浆)	干度提高(%)	残碱下降(公斤/吨浆)	干度提高(%)	残碱下降(公斤/吨浆)	干度提高(%)	备注
	3.6	0.66	0.15	0.4	2.2	1.0	残碱以
	7.5	0.4			0.41	0.5	水洗法
	3.5	1.0	0.2	0.14	0.65	0.46	甲基橙
	3.88	0.4	3.6	1.0		0.22	指示剂
	3.5	1.0	0.2	0.14	0.33		检验，以
平均	4.04	0.87	1.45	0.51	1.02	0.56	Na_2O表示

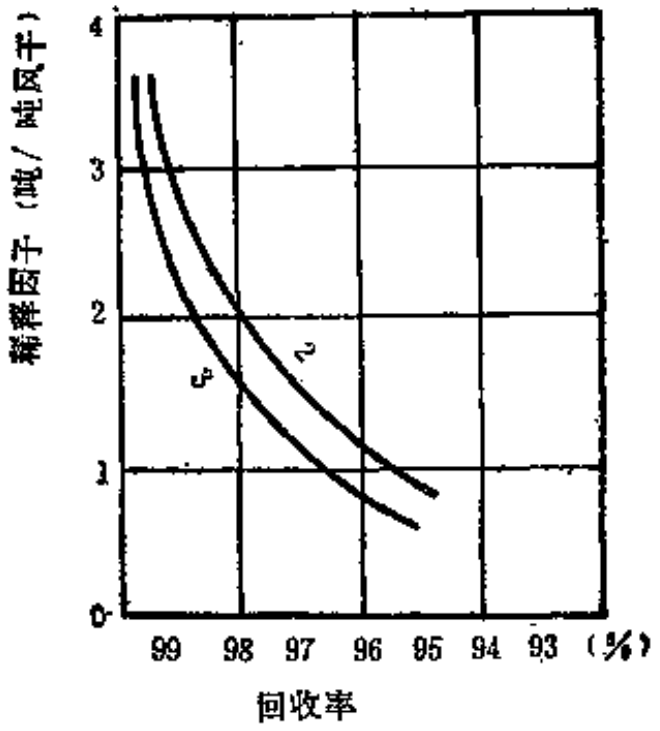


图 8－1－13　2～3 台压力洗浆机的稀释因子与回收率的关系

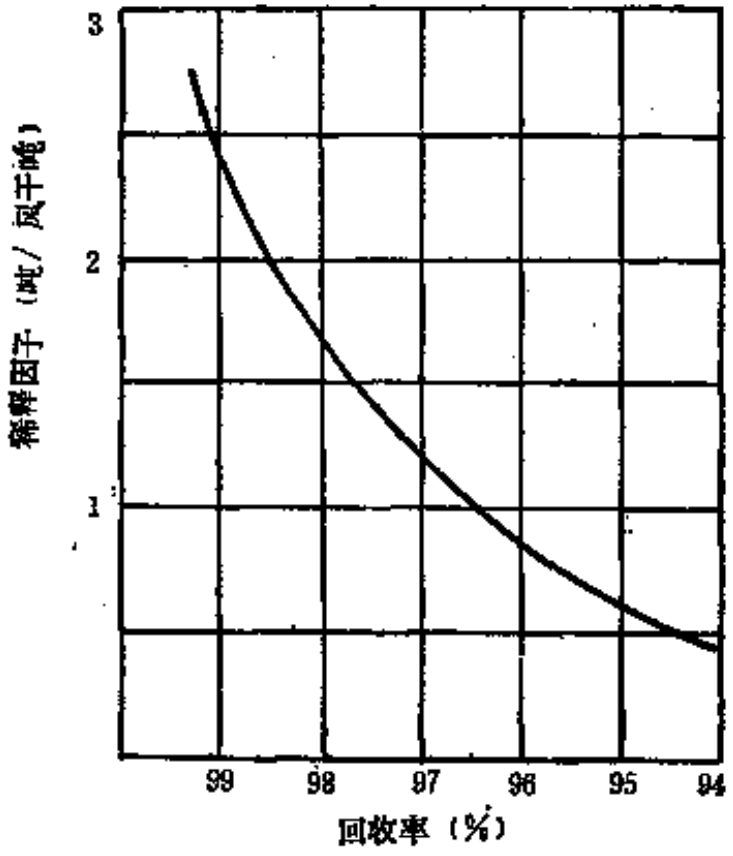


图 8－1－14　亚硫酸氢镁浆采用双效ϕ4000×7000压 力洗浆机三台串联的回收率与稀释因子的关系

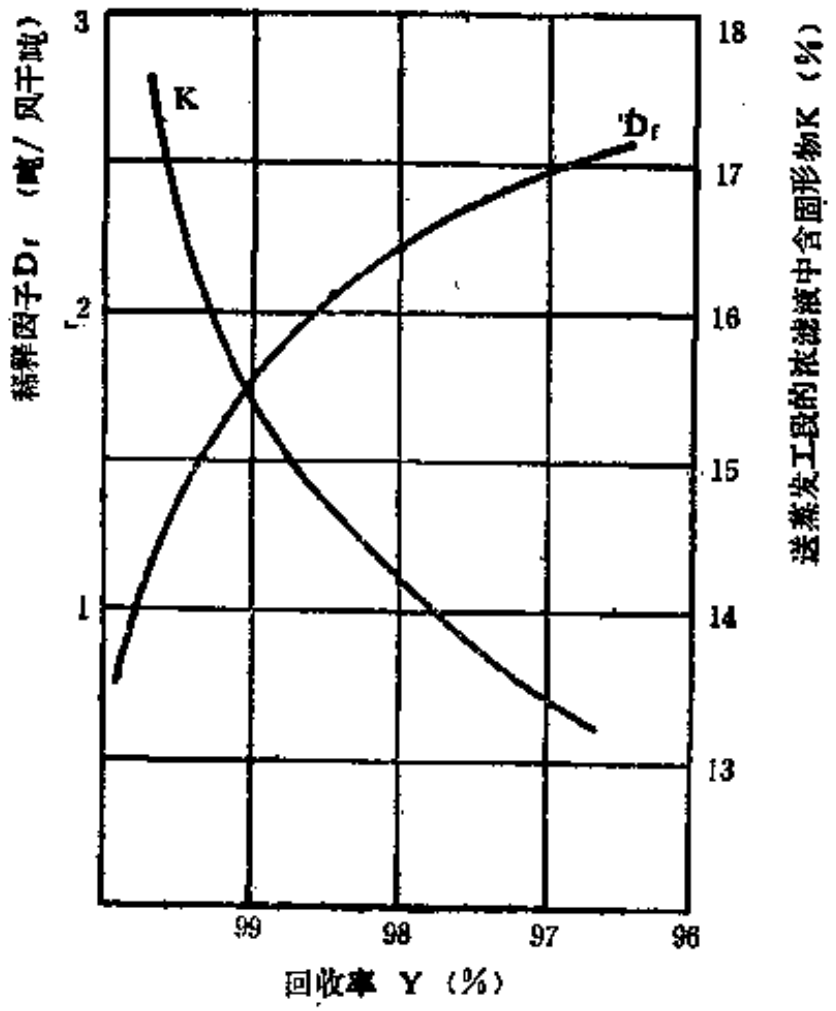


图 8-1-15　亚硫酸镁盐溶解浆采用 3 台串联的回收率与稀释因子、滤液含回形物的关系

单位面积负荷4.38吨风干浆/米²·日，洗涤水温度60℃

打开*3机尾槽稀释水阀门—打开*3机密封辊喷水管阀门——启动*3输浆螺旋——启动热水泵，打开六段喷水管阀门——启动六段黑液泵(喷水管阀门事先开好)——启动*3机洗鼓——稍开*3机蝶阀(开至25～30%)——启动高压风机，稍开风机出口蝶阀(开至20～30%)——启动*2轴流泵(*3机阀先打开)——启动五段黑液泵(进*2尾槽阀门和四段喷水管阀事先打开)——启动*2散浆器，至此整个 3 号机就启动完毕。接着按同样的顺序开*2机和*1机，直至流程最前部的喷放锅的抽浆泵启动送浆为止。

浆料一经上网，即开大高压风机蝶阀和排黑液蝶阀。

7．操作要点

(1) 洗浆机的镍铬合金网接头处应用银焊或点焊焊牢，网面

用钢条压紧，并用 8 号不锈钢丝缠紧。

（2）洗浆热水温度约85℃。温度高可降低泡沫的稳定性，温度超过90℃时，洗浆机内产生大量蒸气，对过滤不利。

（3）应控制纸浆浓度由小到大，以防堆浆或堵塞。

（4）各段洗浆喷液管的喷液量应均匀，注意喷淋黑液不要破坏浆层。

（5）保持洗浆机内风压稳定。

（五）螺旋挤浆机

1．概述

（1）螺旋挤浆机是利用机械压力在高压高浓下提取碱法木浆和亚铵法草浆蒸煮废液的设备。

（2）压缩比一般为1:2～1:4。

（3）进浆浓度要求在 7 %以上。

（4）出浆浓度视纸浆性质而定，滤水性好的浆可达40%；滤水性差的浆，如碱法漂白稻草浆易打滑，提取率低。

（5）黑液中含纤维较多，一般每吨风干浆纤维流失0.5～3%左右。木浆和亚铵法浆效果较好。

（6）螺旋挤浆机是由外壳、螺杆和锥形顶头组成，外壳内衬有筛板，筛孔ϕ1～3毫米。

（7）螺旋挤浆机结构如图 8－1－16所示。

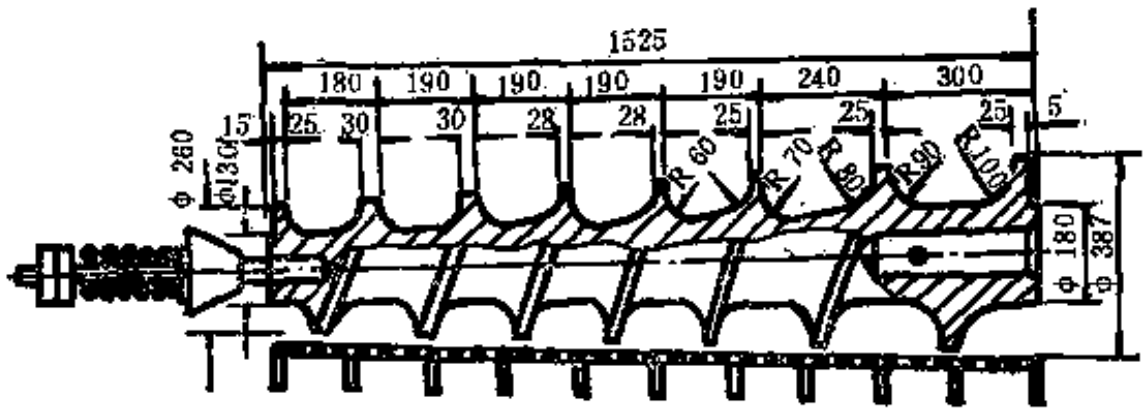


图 8－1－16　螺旋挤浆机的结构

2. 螺旋挤浆机的主要特性和规格(表8-1-27和表 8 -1-28)

表8-1-27　　国内曾使用的螺旋挤浆机的技术特征

型号 / 项目	ZNJ 11	ZNJ 12
生产能力(吨/日)	5～8	18～25
公称直径(毫米)	φ260	φ387
转　　速(转/分)	26	13
重　　量(公斤)	～1000	3040
电 动 机	JO_2 61—6, 10千瓦	JO_2 71—8, 10千瓦

表8-1-28　　ZNJ系列螺旋挤浆机技术特征

	ZNJ11	ZNJ12	ZNJ13
1. 生产能力(吨/日)	5～8	18～25	～10
2. 公称直径(毫米)	210	387	260
3. 转数(转/分)	26	13	25
4. 进浆浓度(%)	3～8	8～12	3～8
5. 出浆浓度(%)	40～50	30～40	～40
6. 电动机(1台)	JO_2—61—6, 10千瓦	JO_2—71—8, 13千瓦	JO_2—71—6, 17千瓦
7. 外形尺寸(毫米)	2855×1935×600		3800×2150×900
8. 重量(公斤)	1480	3000	2500

螺杆共有六个螺区。其特性如下:

机别	项目	螺区序号					
		1	2	3	4	5	6
ZLJ12	螺距(毫米)	292	233	188	188	188	183
	螺深(毫米)	—	130	130	130	130	125
ZLJ11	螺距(毫米)	235	205	175	150	125	100
	螺深(毫米)	35	30	26	24	22	20

3．螺旋挤浆机的生产能力

螺旋挤浆机的理论生产能力按下式计算：

$$Q = 60\pi d_{平均} A \frac{1}{\cos\varphi} n \cdot \gamma \cdot \beta \cdot \alpha$$

式中 Q——螺旋挤浆机的生产能力(公斤/小时)

$d_{平均}$——螺旋的平均直径(米)，$d = \frac{d_{内} + d_{外}}{2}$

A——加料口螺旋的截面积(米^2)

φ——螺旋平均直径上的导角

n——螺旋每分钟的转数(转/分)

α——进浆浓度(%)

β——螺旋槽上浆料的填满系数，一般取0.4～0.6

γ——绝干浆比重(公斤/米^3)

4．螺旋挤浆机的洗浆流程及生产实例

(1) 中性亚铵法蔗渣浆用三台螺旋挤浆机串联提取黑液实例，流程如图 8－1－17所示。

螺旋直径387毫米，筛孔ϕ1～2.5毫米。第一台螺旋转速9.5转/分，第二台9.7转/分，第三台8.5转/分。

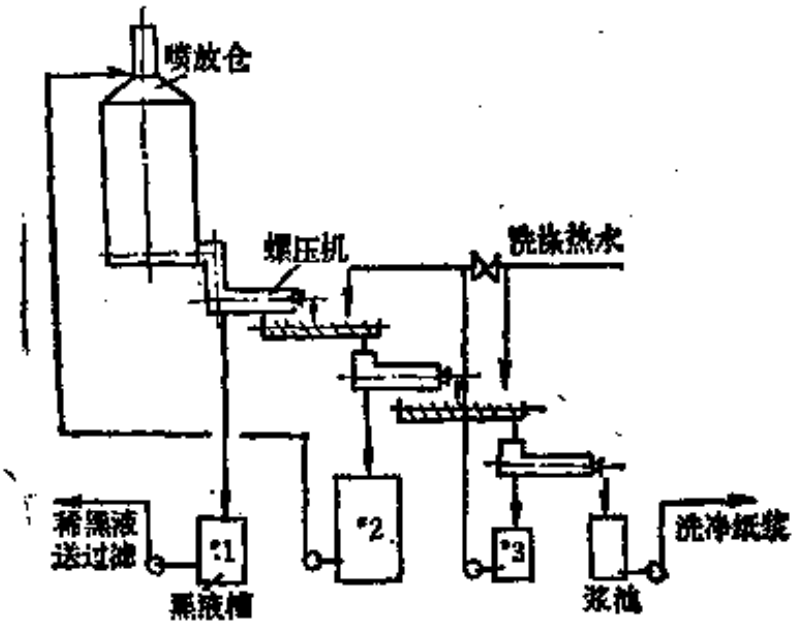


图 8－1－17 螺旋挤浆机提取黑液流程

其综合生产能力可达150吨粗浆/日以上。

3毫米直径时纤维流失：第一段黑液中纤维含量0.56%，第二段0.82%，第三段1%。

稀释搅拌槽输送机为 ϕ400 毫米破碎螺旋，第一台转速30转/分，第二台37转/分。

进入第二台稀释搅拌的纸浆，系使用60～80℃热水稀释洗涤，其实测数据如表 8－1－29所示。

（2）中性亚铵法棉杆、麦草及稻草用三台螺旋挤浆机提取黑液实例，见表8-1-30。

所使用的设备为ϕ210毫米螺旋挤浆机，动力10千瓦，筛孔直径1毫米，转速27转/分，产量500公斤粗浆/小时。

（3）硫酸盐木浆用三台螺旋挤浆机串联提取黑液实例

例1：

螺旋直径387毫米，筛孔直径3毫米，纸浆硬度127～130(贝克曼价)。

第一段螺旋挤浆机电流　　14～20安

第二段螺旋挤浆机电流　　12～18安

第三段螺旋挤浆机电流　　11～17安

进浆浓度　　10～14%

螺旋挤浆机出浆浓度　　30～35%

第一道螺旋挤浆机排出黑液浓度　　$\geqslant 9°B_e'$(15℃)

第三道螺旋挤浆机排出黑液浓度　　$\leqslant 3°B_e'$(15℃)

产量22.5吨粗浆/日

例2：

硫酸盐木浆使用三台螺旋挤浆机串联提取黑液的结果，如表8－1－31所示。

5．影响洗涤因素

（1）螺旋长度：一般为螺旋直径的4～5倍，太长阻力大，电耗高，故障多；太短达不到均匀脱水的要求。

表8-1-29　使用三合螺旋挤浆机提取中性亚铵蒸煮浆实例

项目 \ 试样编号		1	2	3	4	备注
原浆	粗浆浓度(%)	15	14.6	12.7	12	以一吨绝干粗浆为基准
	黑液浓度(°B′e)	6	6	6	5.5	
	黑液固形物含量(%)	11.77	12.99	11.85	11	
*1螺旋挤浆机	进浆浓度(%)	10.8	12	11.6	11.0	使用φ387螺旋挤浆机
	出浆浓度(%)	38.4	30	39.6	31.5	
	黑液浓度(°B′e)	5	6	6	5.5	
	黑液固形物含量(%)	9.23	11.2	11	10.43	
	挤出黑液量(吨)	6.65	5.0	6.09	5.91	
	挤出电流(安)	13	13	14	15	
	提取率(%)	77.9	73.02	82.1	76.5	
*2螺旋挤浆机	进浆浓度(%)	17	12	13.0	10	
	出浆浓度(%)	28.1	35	34.4	18	
	黑液浓度(°B′e)	4	3	2	3	
	黑液固形物含量(%)	5.1	4.1	3.0	5.04	
	挤出稀黑液量(吨)	1.82	5.47	4.78	3.07	
	挤浆电流(安)	15	16	18	14	
	提取率　(%)	2.59	16.61	10.8	4.7	
*3螺旋挤浆机	进浆浓度(%)	17.2	16.6	13.1	10	
	出浆浓度(%)	38	26	25.4	46	
	黑液浓度(°B′e)	3	1	1	1	
	黑液固形物含量(%)	2.7	1.74	0.86	3.33	
	挤出稀黑液量(吨)	2.78	2.14	3.69	7.82	
	挤浆电流(安)	15	14	15	19	
	提取率　(%)	11.21	4.87	3.93	9.81	
黑液提取总效率	黑液浓度6°B′e以上 黑液量(吨)		5.0	6.09		
	黑液浓度6°B′e以上 提取率(%)		73.02	82.1		
	黑液浓度5°B′e以上 黑液量(吨)	6.65			5.91	
	黑液浓度5°B′e以上 提取率(%)					
	黑液浓度4°B′e以上 黑液量(吨)		8.99	10.13	8.22	
	黑液浓度4°B′e以上 提取率(%)		94.5	96.83	91.01	
	黑液残留率(%)	6.6	5.5	3.17	4.8	
	黑液损失(溢流+残留率)(%)	8.3	5.5	3.17	9.0	

使用三台螺旋挤浆机串联提取中性亚铵法棉秆、麦草及稻草浆黑液实例

表8-1-30

测定项目 \ 浆种		棉秆浆	麦草浆	稻草浆	备注（电流，安）
原浆	硬度(高锰酸钾值)	27	17.6	17.3	
	每吨浆固形物含量(公斤)	850	880		
*1螺旋挤浆机	进浆浓度(%)				
	出浆浓度(包括总固形物)(%)	41.4	39.8	35.2	9.5～10
	出浆浓度(不包括总固形物)(%)	32.6	31.4	27.1	
	出浆中黑液浓度(%)	13	12.3	11.1	
	每吨浆中残余总固形物(公斤)	235	232	296	
	总提取率=(1—残留率)%(%)	71.3	73.6		
*2螺旋挤浆机	进浆浓度(%)	10.4	9.2	9.2	
	出浆浓度(包括总固形物)(%)	41.0	24.6	31.8	
	出浆浓度(不包括总固形物)(%)	35.3	21.0		10.2
	稀释黑液浓度(%)	4.2	2.0	2.3	
	压出黑液浓度(%)	5.7	3.9	3.9	
	出浆内黑液浓度(%)	6.7	5.2		
	每吨浆内残留总固形物(公斤)	125	148		
	总提取率(%)	85	83.2		
	对上一段的相对提取率(%)	47	36		
*3螺旋挤浆机	进浆浓度(%)	9.6	7.2	9.0	
	出浆浓度(不包括总固形物)(%)	35.6	24.6	30.2	10
	最后测定每吨浆中残余总固形物(公斤)	54	51	32	
	总提取率(%)	93.6	94.1		
	对上一二段相对提取率(%)	57	64		

用三台螺旋挤浆机串联提取硫酸盐木浆黑液的结果

表8-1-31

机号	进浆浓度(%)	出浆浓度(%)	黑液浓度(°B'e15℃)	黑液含固形物(克/升)
1	4～8	25～35	9～12	14.8
2	6～12	30～40	2.2	
3	8～12	30～45	1.5	

（2）螺距：容易脱水的浆，螺距要大些，难脱水的纸浆螺距要小些。一般为：

加料口一端的螺距长为　　$0.65\sim0.75D_1$（D_1螺旋直径）

第二段螺距　　$0.55\sim0.65D_2$

其余各挤压区螺距　　$0.4\sim0.5D_3$

（3）螺旋槽深度：易脱水的浆应深，难脱水的应浅，一般为螺旋直径的三分之一。

（4）直径小的比直径大的容易脱水。

（5）滤水鼓：内径比螺旋辊大1％，筛孔视浆种而定，木浆2～3毫米，草浆1～2毫米。

（6）纸浆充满系数：进浆太多，会堵塞。进浆太少，会卡浆或打滑，一般充满系数80％。

（7）操作：首先要控制进浆量和各段间浆量的平衡，浓度一致。进浆浓度太大或小都不好，更不得断浆。操作条件要稳定，否则容易发生出浆浓度下降、堵塞设备等现象。浓度太小，则纸浆打滑；浓度太高，挤浆机被卡死。

6．在运行中常见问题的解决办法

（1）滤水板破裂：一般是由于进料量大，顶头无缓冲和顶得过紧造成，要注意连续均匀供浆，不要中断。顶头不要顶得太紧，外壳排液位置迅速改变时，应放松顶头，或同时增减给料，必要时停止给料，放松顶头。

（2）挤不出浆：特别是采用条缝式外壳的螺旋挤浆机，脱水能力差，筛缝容易堵塞，挤不出浆。另外，采用条缝外壳纤维流失较大，改用圆孔滤板或平板筛缝外壳较好。

（3）挤不干：主要由于顶头调节不及时；在运行中混有I段螺旋挤浆机滤出的泡沫浆；温度低；浆煮得太软或外壳脱水能力差。

（4）纸浆打滑：为防止纸浆打滑而产生堵浆现象，可采用防滑钉、防滑条和梅花板。如图8－1－18，8－1－19，8－1－20所

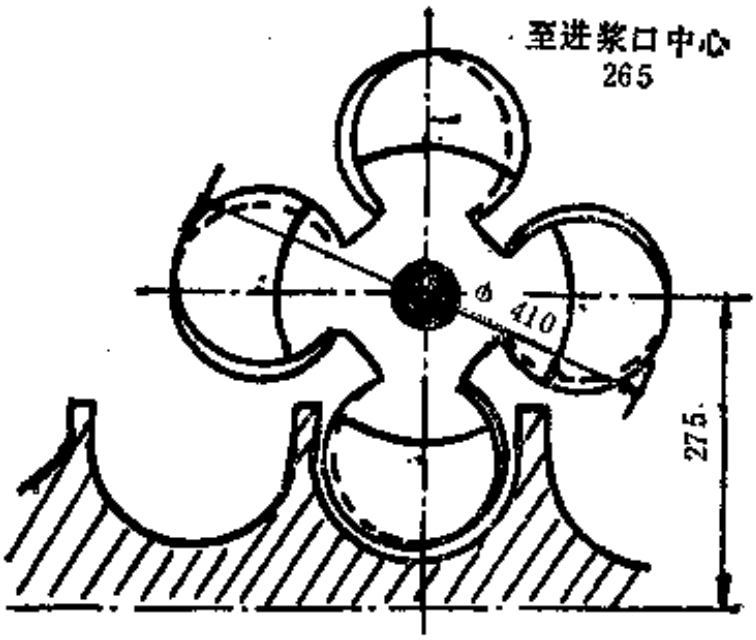


图 8－1－18　四瓣梅花挡板

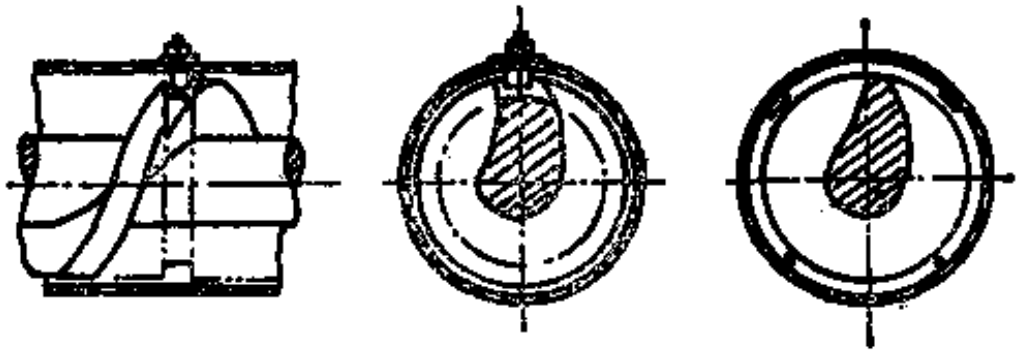


图 8－1－19　防滑钉和防滑条

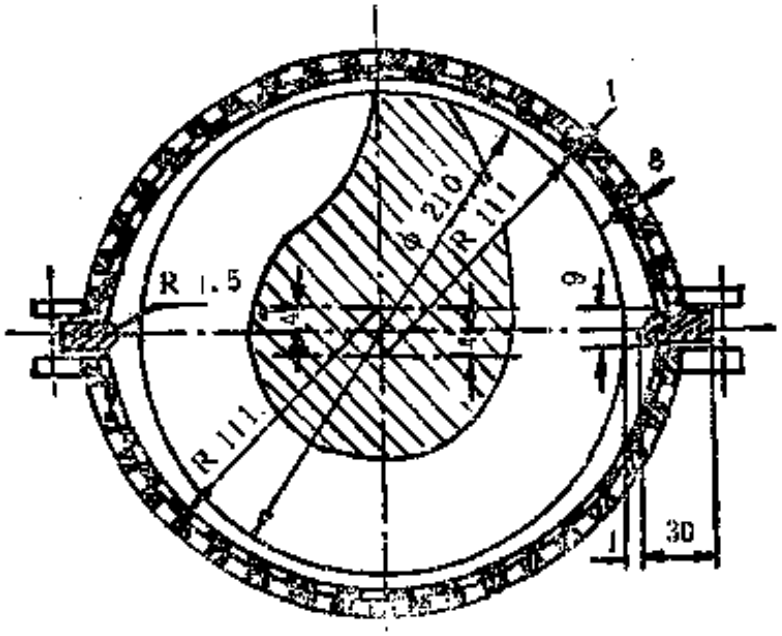


图 8－1－20　椭圆形滤筒及防滑条

示。防滑条是在筛鼓内壁焊上四条20×80毫米扁钢。防滑钉是用M22×150毫米螺栓改成，用螺母固定在滤板上。

（六）双辊挤浆机

1．概述

（1）双辊挤浆机是依靠双辊对纸浆的挤压作用，将蒸煮废液从浆中挤出。现有两种辊面：一是沟纹，一是小孔滤板。

（2）目前该设备多用于洗涤碱法稻麦草浆，可提取较浓的黑液。进浆浓度10%以上，纸浆硬度11(高锰酸钾值)以上时，效果较好。这种设备用于容易脱水的纸浆，出浆浓度可达50%以上。

（3）喷放仓至双辊挤浆机进口压头不得低于1.5米。

（4）要保持沟纹、孔道畅通。反冲稀黑液的压力为2公斤/厘米^2，挤出黑液中含纤维较多，每吨浆流失到黑液中的纤维含量为0.5～2%。

（5）双辊小孔挤浆机是在双辊挤浆机的基础上，将原沟纹槽放宽至8毫米，上面包1毫米厚、钻有ϕ1.2毫米小孔的不锈钢板制成。无需梳刀和高压喷嘴等装置，操作维护都较方便。

（6）双辊沟纹挤浆机的结构如图8-1-21所示。

（7）双辊挤浆机可把纸浆浓度从4%挤干至40%，经碎浆、稀释，再入第二段双辊挤浆机挤压。这主要用于本色木浆多段洗涤。

（8）双辊挤浆机的进浆压力一般要求在0.6公斤/厘米^2以上，可通过间隙及转速来调节。

（9）进入双辊沟纹挤浆机前要清除浆中大于两辊间隙的铁器、石块等，一般使用图8-1-22所示的除杂物螺旋。

（10）双辊小孔挤浆机与双辊沟纹挤浆机对比如表8-1-32所示。

2．技术特征

（1）双辊小孔挤浆机技术特征见表8-1-33。

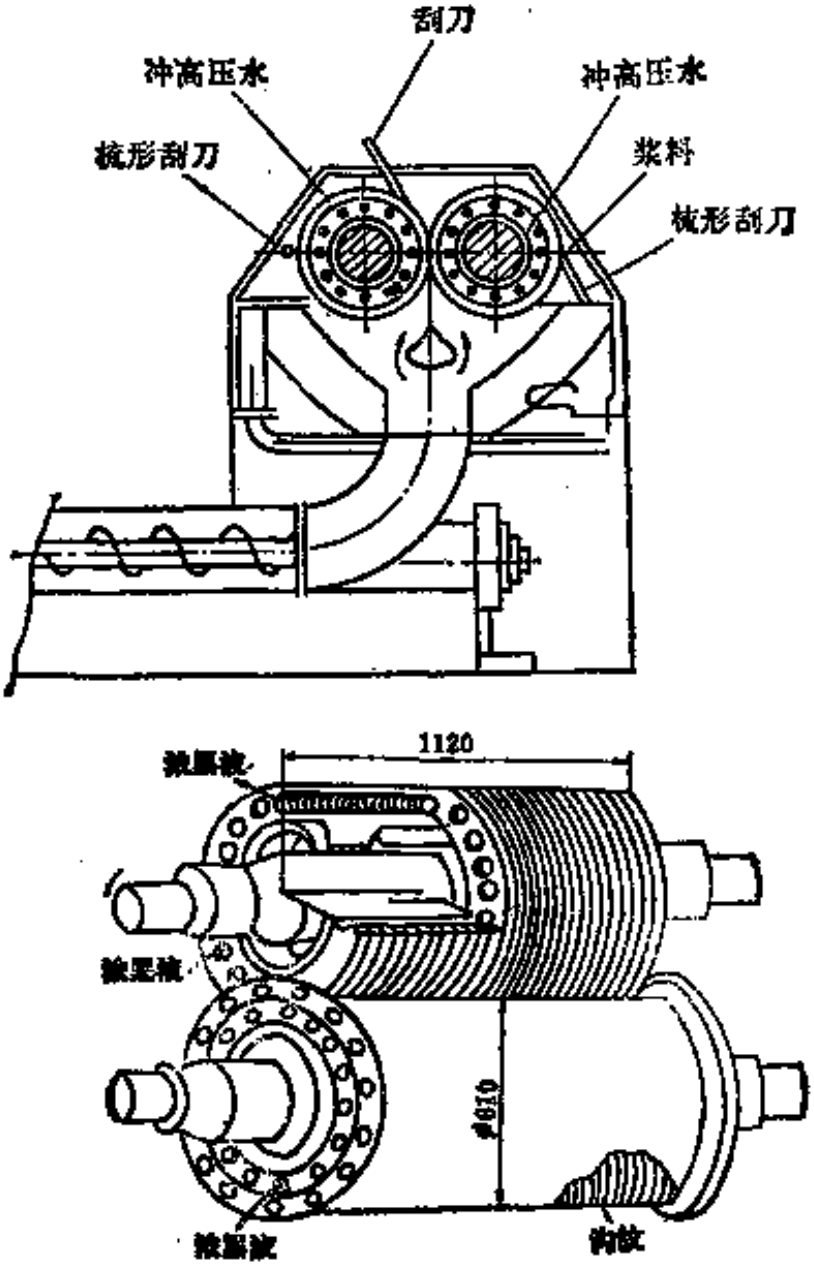


图8-1-21　双辊沟纹挤浆机结构

(2) 双辊沟纹挤浆机技术特性

设备型号	ZNJI
辊子直径	610毫米
工作宽度	1120毫米
沟纹宽度	0.9～1.0毫米
辊两端排黑液孔直径	20毫米
辊子转速	0.65～1.96米/分

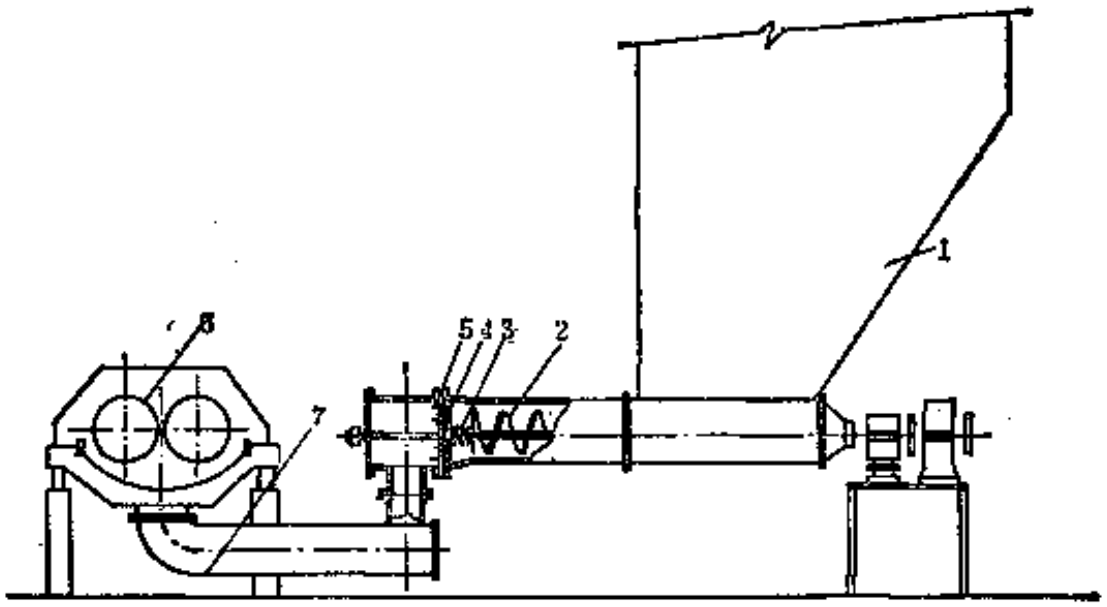


图8-1-22　除杂物螺旋

1—喷放锅　2—出浆螺旋　3—压缩弹簧　4—刮刀
5—多孔板　6—双辊挤浆机　7—进浆螺旋

双辊小孔挤浆机和双辊沟纹挤浆机性能比较

表8-1-32

机别	浆种	转速（转/分）	浆料硬度（高锰酸钾值）	进口浓度（%）	出口浓度（%）	单道提取率（%）	纤维流失（克/升）	产量（吨/日）
沟纹双辊	芒杆	1		10.7～12.9	26.3～39	61.8～81	0.2	～15
小孔双辊	芒杆	1.25	13.2～17.6	9.3～12	23.9～33.3	55～73	0.08	20.4
沟纹双辊	稻草	1.3	10.9～17.6	9.3	14.5	39		15
小孔双辊	稻草	1.3	11.6～16.5	9～13	12.7～19.8	25.6～53.8	0.5～2.2	15.6
沟纹双辊	麦草	1.22		10	20.04	37.3		17
小孔双辊	麦草	1.22		7.7～10	19.4～24	65.2～67.6	0.43	17.3

两辊工作间距	20毫米(可调节)
冲洗黑液压力	2～3公斤/厘米^2
设备外形(长×宽×高)	4855×2700×1813毫米
设备重量	约8.6吨
配用电机	JO$_8$140S—4L　7.5千瓦

表8-1-33　　ZNJ_2型双辊小孔挤浆机主要技术特征

名　　称	单　位	数　　据	备　　注
辊子直径	毫　米	610	产量10～15吨绝干浆/日
工作宽度	毫　米	1120	进浆浓度8～12%
辊子转速	转/分	0.8～1.2	出浆浓度20～25%
两辊间距	毫　米	0～22	
小孔直径	毫　米	1.2	
主动电动机		JZT_2—51—4，7.5千瓦	
		转速120～1200	
螺旋输送机			
电动机		JTC752—75，6.6千瓦	
设备外形(长×宽×高)	毫　米	4900×2700×1813	
设备重量	公　斤	7400	

另外，螺旋推进器(ϕ350毫米)配JTC752电机75转/分　6.6千瓦

3．双辊挤浆机的洗涤流程(见图8-1-23)

4．测定数据

从表8-1-34可看出，双辊间距20毫米时，黑液提取率随转速

双辊沟纹挤浆机洗涤漂白碱法

表8-1-34　　稻草浆生产中测定数据

编号	双辊转速(秒/转)	辊子间距(毫米)	粗浆产量(吨/日)	进浆浓度(%)	出浆浓度(%)	黑液提取率(%)	进浆残碱(克/升)	出浆残碱(克/升)	纤维流失率(对浆%)	纸浆硬度(高锰酸钾值)	黑液浓度($^{0}B'_{e}$ 15℃)
1	29.5	20	27.5	10.4	15	34.1	5.2	4.8	2.1	13.6	10.5
2	41	20	25.7	10.2	17.1	45.6	3.6	2.8	2.5	13.1	9.5
3	51.5	20	23.3	10.1	18.2	49.1	4.4	4.0	2.8	10.6	10.0
4	63	20	20.8	9.5	20.5	54.3	3.8	3.2	3.9	10.5	9.5
5	80	20	14～16	8.6	28.5	76.3	2.7	1.7	4.2	12.5	11.5
6	60	10	—	9.0	34.4	81	—	—	—	—	—
7	60	18	12～14	7.6	18.0	62.7	—	—	—	—	—
8	60	20	20.8	9.5	20.5	54.3	—	—	—	—	—

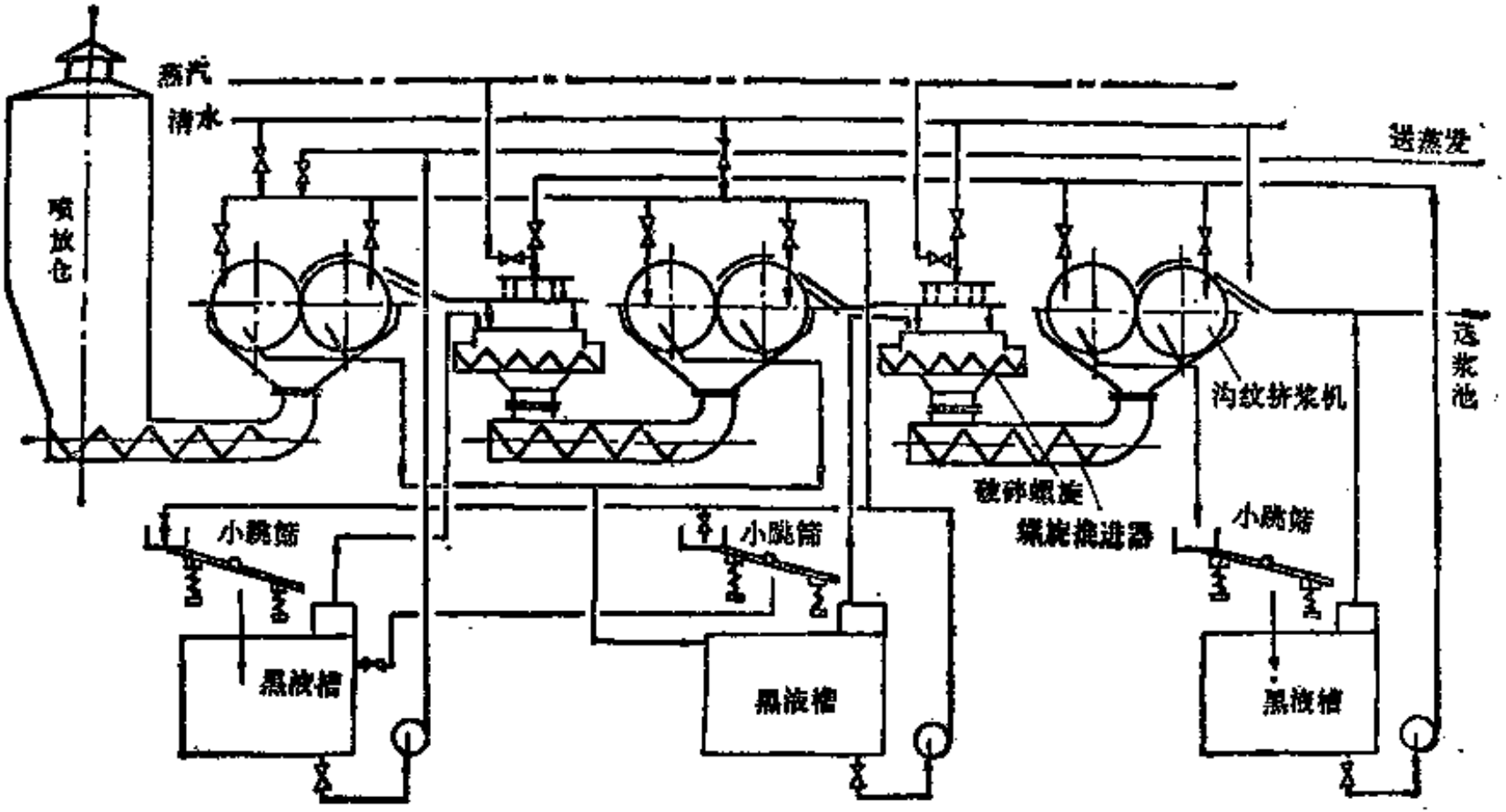


图8-1-23　双辊沟纹挤浆机洗涤流程

的提高而下降，产量则随着增加。

黑液提取率30～45%时，产量26～27.5吨浆/日；

黑液提取率50～55%时，产量21～24吨浆/日；

黑液提取率70～75%时，产量14～16吨浆/日；

缩小双辊间距，产量降低，提取率上升。

间距20毫米，转速60秒/转，产量20.8吨浆/日时提取率54.3%。间距18毫米，产量12～14吨浆/日时，提取率62.7%。一般间距控制在12毫米左右，提取麦草浆可得到较好效果，产量为10吨／日。

表8-1-35　　φ610×1120沟纹双辊挤浆机的测定数据

浆种	辊面特征	双辊间隙(毫米)	进浆浓度(%)	出浆浓度(%)	转速(秒/转)	产量(吨/日)	黑液提取率(%)	黑液浓度(°B'e,15℃)
碱法稻草浆	沟纹宽0.9～1毫米，排液孔径φ32毫米	20	10.4	15	29.6	37.6	34.1	10.5
			10.2	17.1	41	35.7	45.6	9.5
			10.1	18.2	51.5	23.3	49.1	10.0
			9.5	20.6	63	20.8	54.3	9.5
			8.6	28.5	80	14～16	76.3	11.5
稻草箱板纸浆	—	10～11	4～4.2	14.8～18.1	40	10	两台串联75～80	4.5
硫酸盐木浆	—	16	8.3	53	60	19	—	—

两台双辊挤浆机串联洗涤硫酸盐木浆的效果见表8-1-37。

5．双辊沟纹挤浆机低液进浆提取箱纸板草浆黑液

双辊挤浆机用于提取草浆黑液时，由于纸浆内混有铁器、石块硬质杂物．会损坏沟纹辊。某厂在沟纹挤浆机前安装水力碎浆机清除杂质，在4～5%浓度下提取黑液。

（1）水力碎浆机可捕集5厘米以上的石块，以及螺帽、垫圈等铁器，这样不致将辊面压坏。

表8-1-36　　几种规格双辊小孔挤浆机的测定数据

压辊规格(毫米)	辊面特征(毫米)	洗涤浆种	双辊间隙(毫米)	进浆浓度(%)	出浆浓度(%)	转速(转/分)	产量(吨/日)	黑液提取率(%)	黑液浓度
φ600×800	滤孔φ3 孔距16	碱法麦草浆	13	15～17	35～38	2	8	单台约60 双台串联大于80	8.8～9.2 ($^0B'_e$,45℃)
φ620×1040	滤孔φ1.5	蔗渣浆	20	约10	30～33	1.36	12～15	大于50	9～12 ($^0B'_e$,70℃)
φ592	滤孔φ1.2～1.6 孔距3.6	碱法稻草浆	16	约10	17.6～18.4	2	10～12	—	—

表8-1-37　　两台双辊挤浆机串联洗涤硫酸盐木浆的效果

机号	压辊规格(毫米)	辊距(毫米)	转速(转/分)	进浆浓度(%)	出浆浓度(%)
1	φ610×920	18	57	6.3	43.2
2	φ610×1120	16	60	8.3	53

注：日产量19吨浆。

表8-1-38　　三台双辊沟纹挤浆机串联时设备本身的提取率

机号	项目 \ 浆料	硫酸盐法麦草浆(高锰酸钾值14)	碱法稻草浆(高锰酸钾值11)	转/分	间隙(毫米)
*1挤浆机	进浆浓度(%)	10.7	9.95	0.86	17
	出浆浓度(%)	31.24	19.8		
	提取率(%)	73.63	53.87		
*2挤浆机	进浆浓度(%)	10.7	10.73	0.86	17
	出浆浓度(%)	23.18	15.55		
*3挤浆机	进浆浓度(%)	11.85	8.5	1	17
	出浆浓度(%)	21.56	21.35		

（2）低浓进浆：沟纹挤浆机前设高位箱，稳定进浆压力，以锥形底进浆，取消原设备的进浆输送螺旋。同时将转速提高到1.5转/分，产量增加。

表8-1-39　　双辊沟纹挤浆机低浓进浆提取草浆黑液实例

高位箱高度(辊中心线上，米)	5.77	5.77	2.1
两沟纹辊间距(厘米)	9.7	6~7	10
沟纹辊转速(转/分)	1	1	1.5
进浆浓度(%)	4.5	4.7	4.2
出浆干度(%)	21.6	25.7	18.5

6．运行中常见问题的解决办法

（1）压辊堵塞：这是该机的主要故障，其原因在于：①反冲洗管未对准挤浆机孔眼；②反冲洗压力低；③反冲洗管道堵塞或流通不畅；④纸浆硬度和浓度太低；⑤反冲洗黑液中杂质多。

预防措施：①掌握蒸煮条件，稻草浆硬度不得低于高锰酸钾值11；②稳定反冲洗管的压力，检查反冲洗管是否畅通；③每次停机必须清洗挤浆机。

处理方法：①加大反冲洗压力；②用清水冲洗；③停机用钢钎疏通每一孔眼。

（2）沟纹挤浆机不上浆：进浆浓度过高，将挤浆机底部菱形分浆器堵塞；浓度过低，稀浆不经沟纹脱水而喷出。

预防及处理办法：掌握进浆浓度，迅速调整过稀或过浓的纸浆。如停机时间较长，必须将推进器内的浆清除干净。

（3）梳形刮刀损坏，如停机时间较长，停机前又未清洗干净，会使沟缝内的浆与黑液结块。这样突然开车，使梳形刮刀变形、崩裂。

预防及处理办法：将两辊沟纹清洗干净。停机时间较长时，应经常空载运行。

7．其它形式的双辊挤浆机

（1）瑞典Sand公司　VPC、VPD、MPC型挤浆机：见图8-

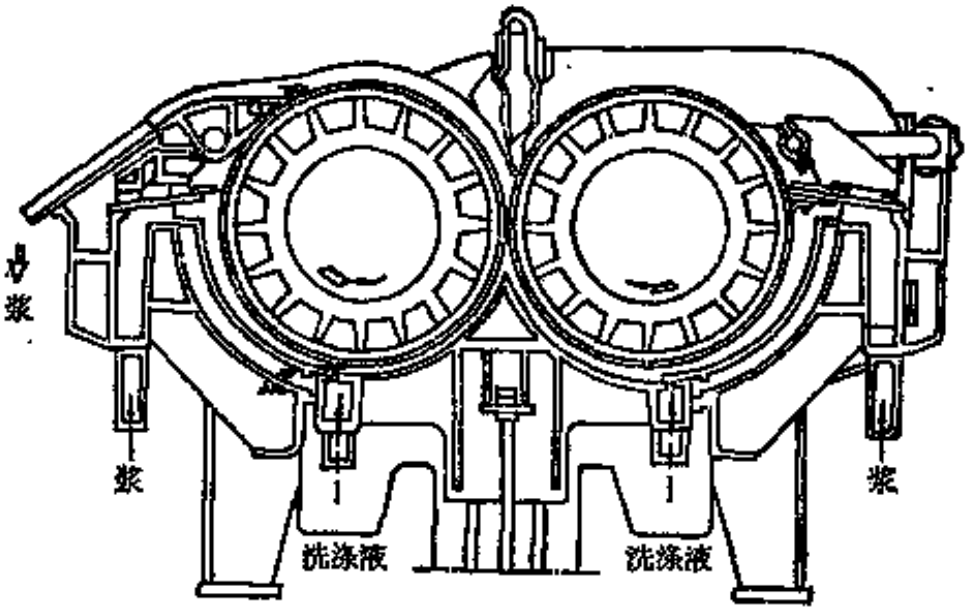


图8-1-24　具有置换洗涤区的双辊挤浆机

进浆浓度3～5%，加洗涤液处浓度10%，出浆浓度30～50%

1-24及表8-1-37～表 8 -1-40。

两辊都有直通的轴，轴上焊有多道肋板，辊底靠近圆周处有流液槽和穿通的出水孔，辊面是焊在辊体上的小孔滤板。其中一根压辊有端面大法兰，另一根无端面法兰的压辊轴承可轴向调节。辊面滤水孔由喷水管清洗。

辊边与浆槽之间用聚四氟乙烯条密封，端面由气胎压紧，气压0～3公斤/厘米²。为防止纸浆积聚在密封条上，也设喷水管冲洗。喷水压力5～8公斤/厘米²，VPC型的用水量200～800升/分，VPD型500～1000升/分。

VPC型双辊挤浆机的主轴承上有测负荷的装置，如果负荷超

表8-1-40　　VPC、VPD、MPC双辊挤浆机的型号及性能

型号	进浆压力（公斤/厘米²）	进浆浓度（%）	出浆干度（%）	两辊间隙调节范围（毫米）	主要用途	喷水管喷水量（升/分）
VPC	1.5	3～5 硬木浆	35～45	2～22	原用于纸浆气流干燥	200～800
VPD	0.2～0.6	10～15	25～50	10±4	规格较大，多种用途	500～1000
MPC	0.2～1	4～7	33～37	0～24	小型，适用于化纤浸渍溶解浆	

表8-1-41 VPC型双辊挤浆机用于未漂硫酸盐木浆的性能

型 号	进浆温度(℃)	出浆浓度(%)	产量(风干吨/日)	电机容量(马力)	设备净重(公斤)(不包括传动)	两辊间压力(吨)
VPC—18	20～25	30～35	60	20～26	8000	20
	50～60	45～50	50	30～45		
VPC—36	20～25	30～35	110	40～45	10000	30
	50～60	45～50	100	50～60		
VPC—52	20～25	30～35	150	40～60	12000	30
	50～60	45～50	*100	50～60		
VPC—72	20～25	30～35	200	50～60	14600	30

注：工艺条件：(1)进浆浓度3.5～4%；(2)除*为山毛榉浆外，其余为松木浆。

表8-1-42 MPC型双辊挤浆机的性能

型 号	流 量(升/分)	进浆管直径(英寸)	电机容量(马力)	用于针叶木浆的产量(吨/日)	用于阔叶木浆的产量(吨/日)	设备重量(公斤)
MPC—18	105	4	5	10～12	9	8700
MPC—36	210	5	7.5	20～24	18	11300
MPC—52	315	6	10	30～34	25	14800
MPC—72	420	6	15	40～48	36	18000

注：表中用于针叶木浆的工艺条件：进浆温度40～42℃，进浆浓度4～5%，出浆浓度33～35%；

用于阔叶木浆的工艺条件：进浆温度45～50℃，进浆浓度5～6.5%，出浆浓度33～37%。

MPC型的轴承负荷调节装置与VPC型同，轴承负荷0～30吨，转速0.3及2转/分。两辊间隙调节范围0～24毫米，每级1.5毫米

VPD型的产量较大，产量与动力的关系见表8-1-40。

表8-1-43 VPD型双辊挤浆机产量与动力的关系

产量(吨/日)	170	250	350
动力(马力)	50	750	110

过表8-1-38所列极限时可自动报警，降低转速或减少供浆量。进浆压力可在0.2～1公斤/厘米²之间调节，两辊间隙调节范围2～22毫米。

(2) 加拿大的Vari—NiP双辊挤浆机，外形如图8-1-25所示。它几乎可用于各种用途，其特点是以两辊间隙处出来的浆立即引向上方。刮浆板和压辊用压缩空气调节，具有较大的缓冲弹性。

这种挤浆压辊有ϕ600、900、1200毫米三种直径，用于一般用途时辊宽1米及2米。最近发展用于大型化学浆厂提取黑液，已出现更宽的规格，例如ϕ900×4000的能力达800吨/日，ϕ1200×5000的达1300吨/日，干度达50%。

进浆浓度范围1～8%(一般为4%)，浆槽内压力0.2～1.4公斤/厘米²(通常用0.5～0.7公斤/厘米²)，出浆干度45～50%(洗浆时多为40%；用于气相漂白时，受高浓度泵的限制为30%)。压辊间隙由压缩空气调节，最大为19毫米。

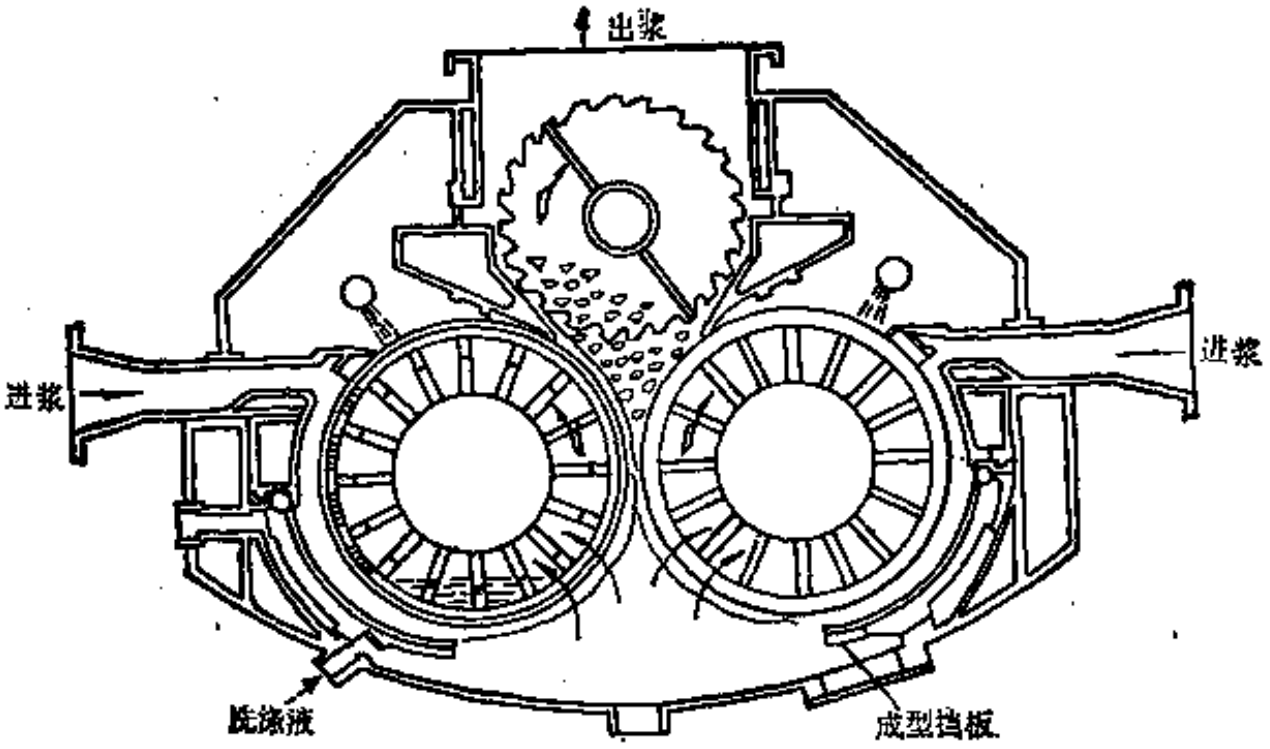


图8-1-25 Vari-Nip双辊挤浆机

（七）水平带式真空洗浆机

1．概述

水平带式真空洗浆机属于薄浆层连续逆流置换设备，有结构简单，造价低廉、能耗低，洗涤效率高等特点，适合于洗涤木浆、草浆、苇浆等。其置换效果较好，这是因为：

（1）洗涤面为一水平面，各段的洗涤液在洗涤面上界线分明，互不混淆；每一洗涤段前部，洗涤液淹没浆层表面，这有利于均匀置换。

（2）浆料从流浆箱内直接流上滤网，上网容易，上网浆层厚薄均匀，有利于洗涤液均匀穿透浆层。

（3）所有滤出浆层后的滤液都会立即进入真空吸滤箱内，没有滤液倒流现象，洗涤段数可视工艺进行调节，适应范围大。

（4）在滤网和滤带的回程中设有各自的清洗装置，可彻底清洗。

2．水平带式真空洗浆机结构

水平带式真空洗浆机结构示意图8-1-26。

过滤面由一无端的紧贴在真空吸滤箱板移动的橡胶滤带和一

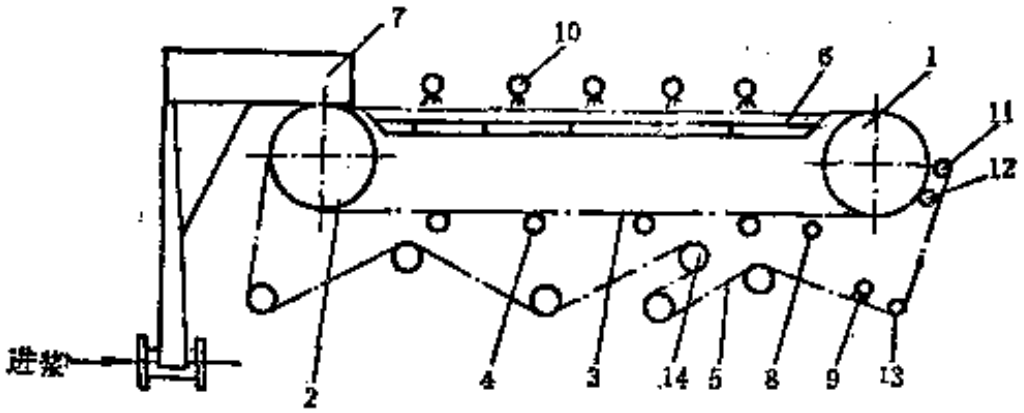


图8-1-26　水平带式真空洗浆机结构示意图

1—传动辊　2—尾辊（张紧辊）　3—滤带　4—滤带托辊
5—滤网　6—真空吸滤箱　7—流浆箱　8—滤带喷洗管
9—滤网喷洗管（移动式高压喷洗管）　10—喷洗装置　11—排料辊　12—低压喷水管　13——滤网导辊　14—滤网张紧辊

无端的滤网组成，由滤带牵引。在滤网和滤带的下方回程中，则借助于导网辊使滤网与滤带分开。橡胶滤带有横槽及竖槽，在3～5个竖槽上开ϕ10毫米的吸滤孔(需在安装试运转充分变形后开钻)，其它槽为备用，橡胶滤带开孔的槽下是吸水槽与弧形槽，槽与槽间靠本段洗液进行密封，经弧形槽的黑液则汇流至匚型钢的真空吸滤箱，真空吸滤箱与外真空吸引系统连接。

滤网一般为聚脂网，网目根据纤维种类而定，一般长纤维为40目，短纤维为50～60目。

本设备采用电磁调速异步电动机传动。按电动机位置分Y型和Z型二种排列(面向出浆传动在右为Y型在左为Z型)。

3．水平带式真空洗浆机流程

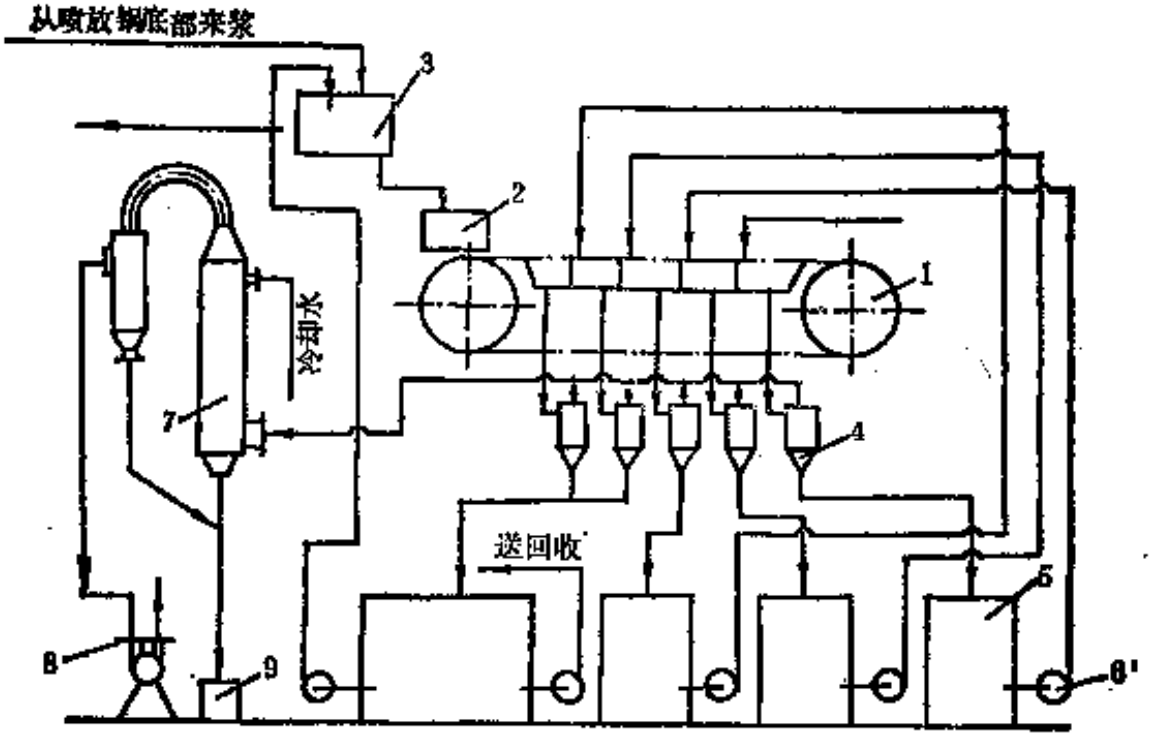


图8-1-27　水平带式真空洗浆机洗涤流程示意图

1—洗浆机　2—流浆箱　3—混合槽　4—真空受集器
5—滤液槽　6—滤液泵　7—高位冷凝器　8—真空泵
9—水封槽

用泵将浆料送入流浆箱，通过堰板将浆料均匀分布在滤网的全幅上。滤网上的浆层通过真空吸滤箱时，在重力和真空抽吸的

作用下，进行浓缩和置换洗涤。过滤压差一般为1～3米水柱。浆料在第一段由2～4%浓度提高至10～14%，其余各区为洗涤区，根据需要，浆料在洗涤区内进行 3～5段洗涤，出浆浓度可至 14～18%。对于草浆，需借滤网背面喷水管反冲。从各段受集器抽出空气因温度高、湿度大，通常要设冷凝器。

4. 水平带式真空洗浆机型号、规格及主要工艺参数

表8-1-44　　水平带式真空洗浆机型号与规格

型　　号	ZND1	ZND2	ZND3
有效过滤面积(米²)	12	18	24
轨　　距(毫米)	1720	1720	1720
主减速机(摆线针轮减速机)型号	BW6～59	BW6～59	BW8—59
配用电动机型号	TZT51—4	TZT_2—61—4	TZT_2—72—4
功　　率(千瓦)	7.5	15	30
转速(转/分)	120～1200	120～1200	120～1200
总传动比	76.7	79.65	60.33
设备总重(不包括减速机和电动机)(公斤)	9600	14263	17345
设备外形尺寸(长×宽×高)(毫米)	11500×2800×1900	16498×3095×2000	20998×3330×2000

5. 国外水平带式真空洗浆机洗涤亚硫酸盐马尾松浆示例

采用加拿大R. C. Reid-Bieknell公司的水平带式真空洗浆机洗涤。

图例：——浆料——水……废液—·—气

基本参数：

产量	100吨绝干浆
溶解固体量	1357 公 斤/吨绝干浆
喷放浆浓度	11%
喷放和洗涤前蒸煮锅中溶解固体物浓度	16%
进带式洗浆机浆料浓度	3 %

表8-1-45　　洗涤稻草、麦草浆主要工艺参数

型号			ZND1	ZND2	ZND3
日产量	稻草浆	（吨绝干粗浆/日）	12	18	24
	麦草浆		20	30	40
真空度所需抽气量	稻草浆	（真空度250毫米汞柱时的抽气量米³/时）	300	450	600
	麦草浆		300	450	600
进浆浓度(%)			3～4	3～4	3～4
出浆浓度(%)			15～19	15～19	15～19
逆洗段数			4～5	4～5	4～5
洗涤水温度(℃)			70～80	70～80	70～80
稀释因子(吨水/吨绝干浆)			2～3	2～3	2～3
低压喷水管水压(公斤/厘米²)			2～3	2～3	2～3
摆动式高压喷水管水压(公斤/厘米²)			12～18	12～18	12～18
(滤网正反面各一根，两根交替使用)水量(升/秒)			1.16～1.41	1.16～1.41	1.16～1.41
设备提取率(%)			95	95	95

注：本设备材料适用于烧碱法、硫酸盐法制浆的黑液提取。

出带式洗浆机浆料浓度	12%
稀释因子	1～2
洗涤段数	5
洗浆机面积(有效)	～11 米² (1.829×7.659米²)
回收液中溶解固形物浓度	13%
每分钟送往蒸发量	663升

6．水平带式压力洗浆机(Black Clawson Chemi-Washer)

第一台用于Bellingham厂洗涤亚硫酸钙浆。第二台用于Crossett厂洗涤硫酸盐阔叶树木浆，产量每日725吨绝干浆，洗涤机洗涤面积约111.5米²。现由Black Clawson公司经销。

其结构原理与水平带式真空洗浆机一样，进浆浓度在1～4%范围内。流浆箱和第一段喷淋区为成形区，使进口浆的浓度达到10～12%的置换浓度。其后通过喷淋泵将后一段的废液进行置换

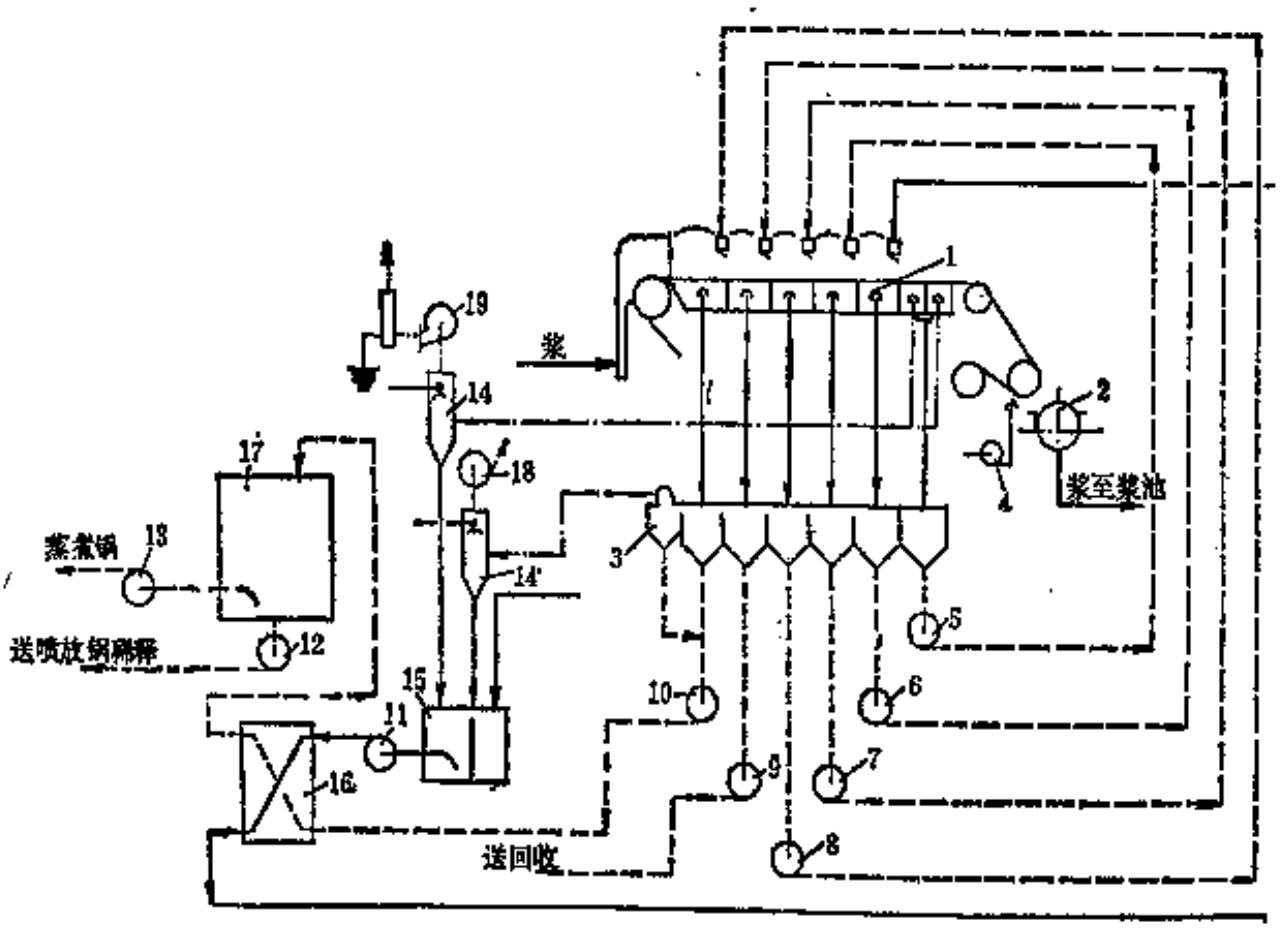


图8-1-28　水平带式真空洗浆机洗涤亚硫酸盐马尾松浆流程图

1—水平带式真空洗浆机　2—浆料破碎机　3—汽水分离器　4—高压水泵　5—第五段过滤液泵　6—第四段过滤液泵　7—第三段过滤液泵　8—第二段过滤液泵　9——第一段过滤液泵　10、抽取液循环泵　11—热水泵　12、13—循环液泵　14—冷凝器　15—热水桶　16——热交换器　17—循环液桶　18—真空泵　19—鼓风机(真空抽气)

洗涤，喷淋稀液经堰板以保证喷淋水在层流状态进行。稀释因子为1，经5段置换洗涤其回收率为97.5%。

依靠密闭的罩和鼓风机形成压差，其压差1～4英寸汞柱，因压差不大，空气通过浆层的量是很小的。密闭罩内的压力可以是正值也可以是0或负值，这主要根据操作而定；为防止泄漏，一般洗涤亚硫酸盐浆都为负值。洗涤硫酸盐浆罩内水汽浓度较高，不大容易产生泡沫。每吨风干浆补充Na_2SO_4量约9公斤左右。

该机具有以下特点：

(1) 在较低的稀释因子(约1左右)的条件下，有较高的洗涤

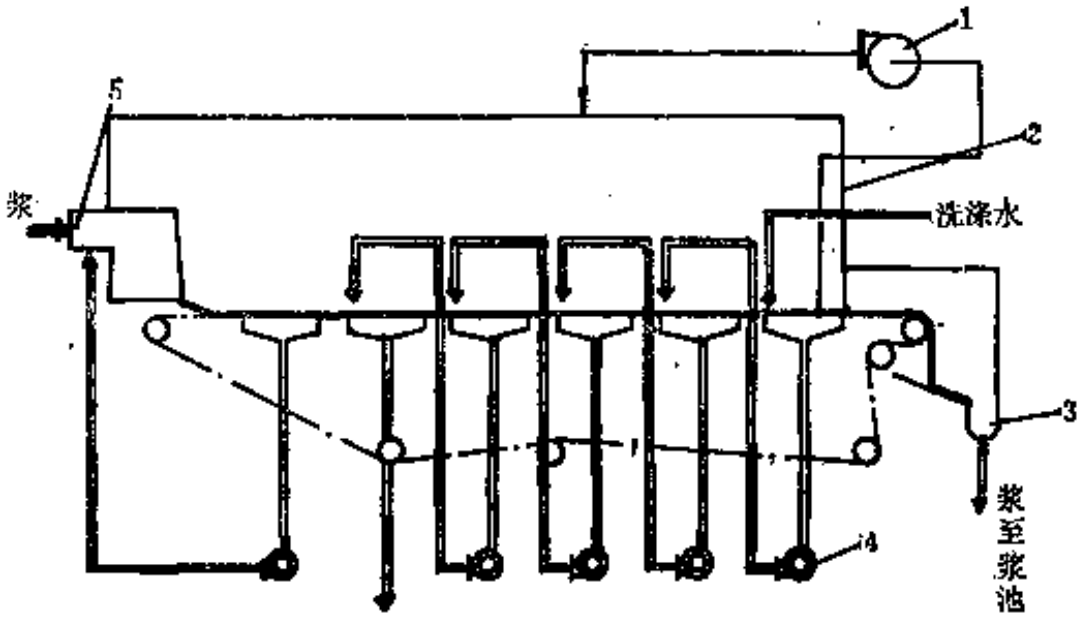


图8-1-29水平带式压力洗浆机示意图

1—鼓风机　2—密闭罩　3—碎浆机　4—喷淋泵　5—洗浆箱

效果；

（2）在浆层形成后没有稀释混合；

（3）送去回收的废液中纤维含量少，不需另设过滤设备；

（4）结构简单，不需水腿及水封槽，并可减少消泡装置。

（5）罩内封闭部分完全为洗涤区；

（6）操作简单

该机可用于硫酸盐浆、亚硫酸盐浆和半化学浆的洗涤。

（八）置换洗浆机

1. 概述

置换洗浆机是一种较新的洗涤设备，它与鼓式洗浆机比有以下优点：

（1）洗涤时间长数十倍。

（2）在洗涤过程中，浆料上方有很厚一层洗过的高浓浆料压住，因此臭味不致散发出来。

（3）浆料是在隔绝空气的密闭状态洗涤的，因此，洗涤效果

好，即使树脂份大的浆也无需消泡剂。

（4）置换洗浆机可直接和卡来尔连续蒸煮器连接，这样，可利用蒸煮器内的压力输送浆料，通过置换洗浆机，而无需高浓浆泵。

（5）置换洗浆机也可置于升流后的塔的顶部，这样，整套装置可设在室外，投资省，动力消耗低。

2．置换洗浆机的结构

置换洗浆机的结构如图 8-1-30所示。筛子由一中心圆筒和

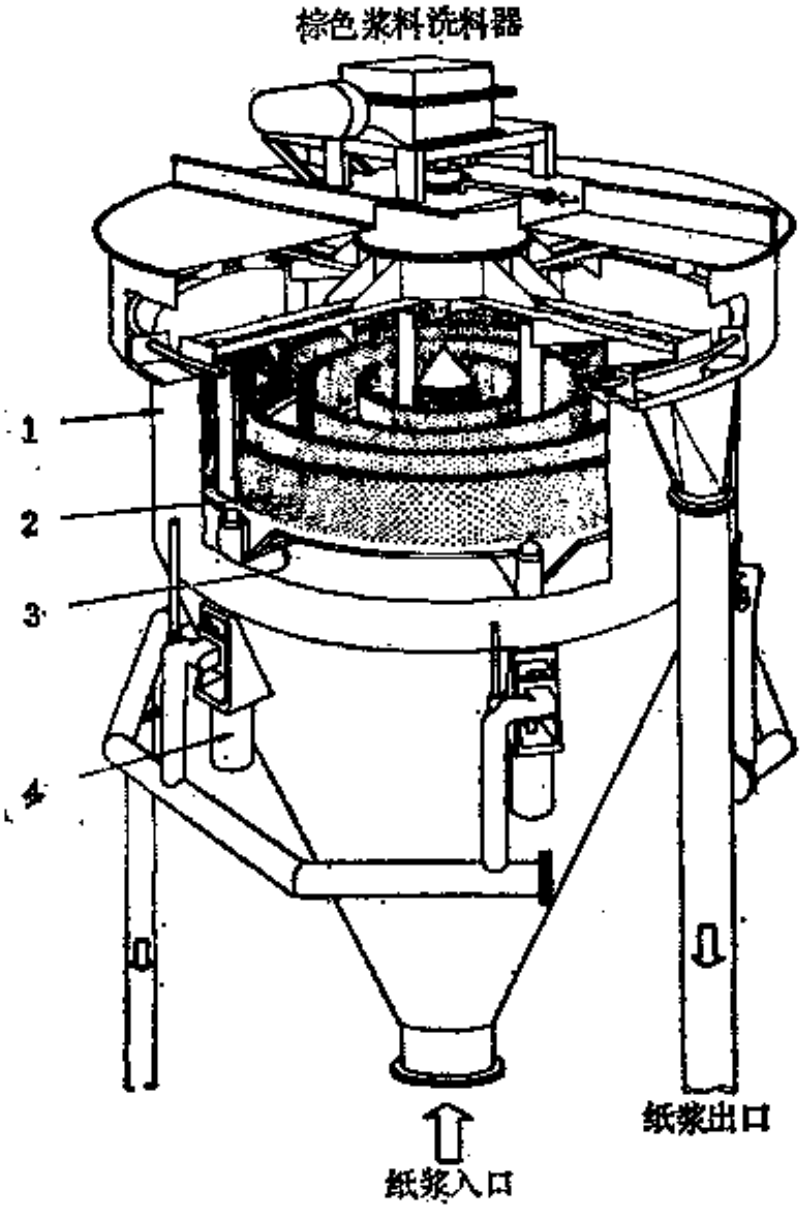


图8-1-30　置换洗浆机

1—壳体　2—筛环　3—径向排液臂　4—液压缸

3～6个筛环组成。筛环两面是筛板，筛孔直径1.52～1.78毫米。每两筛环之间有一喷嘴，另有两个分别安在筛子的内外两侧。喷嘴在两筛环之间的纸浆内以7.5转/分左右的速度旋转。改变筛环数量和外径可改变产量，在同一塔体内可上下串联2～3个置换洗浆机。

所有筛环由六根排水槽支撑着。浓度10%左右的浆料从底部进入，筛环由液压缸慢慢抬起，由于筛环的横断面呈流线形，因此不会搅动浆料，洗涤水由装在空心刮板臂上的喷嘴喷到浆内。可根据喷嘴与中心的距离来分配各喷嘴的喷水量，使内外圈的浆保持同样的稀释比，喷到浆层上的洗涤水把废液取代出来，通过筛板流入排水槽排出，见图8-1-31。

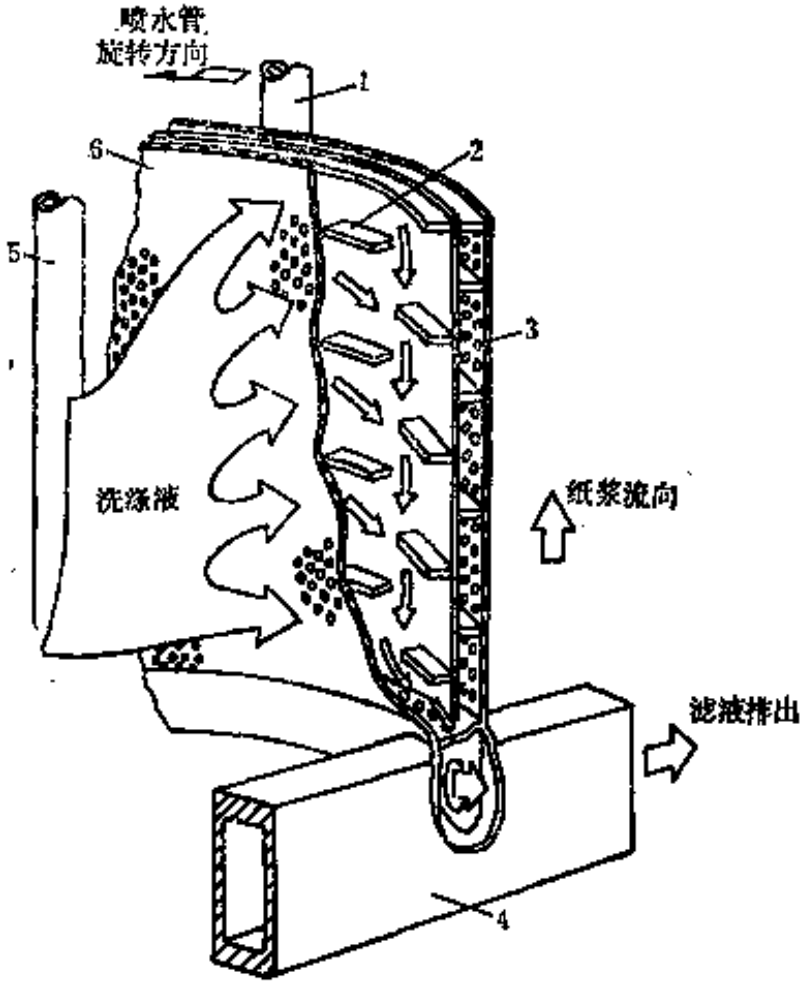


图8-1-31　置换洗浆机的筛环局部剖视及浆水流向示意

1、5—喷水管　2—加强筋　3、6—筛环　4—筛环支承槽

洗过的浆上升超过筛鼓上缘时，被刮板刮入溢流槽送走。

在洗涤过程中，筛环被液压缸提升一个短距离，提升速度比纸浆流动速度稍快，提升完毕后，迅速落下，这样由于筛板的震动，加上这时中断洗涤水的流动，使筛板得到冲刷，筛孔不致堵塞。

表8-1-46　置换洗浆机过滤环数量与生产能力的关系

生产能力（吨/日）	最少过滤环数量
400	3
600	4
600～700	5
1000	6

表8-1-47　置换洗浆机单位过滤面积浆量与浆种的关系

浆种	单位面积产量（吨/米²·日）
阔叶木未漂浆	4.52
针叶木未漂浆	5.38

经盘磨处理的浆应小于上值。

置换洗浆机的筛环规格与操作条件见表8-1-48。

最近又出现了压力置换洗浆机，见图8-1-32，其规格与生产能力见表8-1-49。

3．洗涤流程

置换洗浆机和卡米尔连续蒸煮器串联的流程如图8-1-33所示。

表8-1-48　　置换洗浆机的筛环规格与操作条件

纸浆上升速度(毫米/分)		76～152，多用于152
纸浆浓度	(%)	8～11，多用10
筛环上升速度		略快于纸浆上升速度
筛环行程	(毫米)	152～228
筛环下降时间	(秒)	0.5～1
筛环高度	(毫米)	762～1524
过滤孔径	(毫米)	1.52～1.78
筛环开孔率	(%)	6～14
刮浆板与喷水管转速(转/分)		7.5～10，多用7.5
纸浆温度	(℃)	85～95
洗涤筛温度	(℃)	70～80
相邻两筛环距离	(毫米)	407～600多用508

也有长缝滤孔1.52×7.7毫米，开孔率约2.5%的。

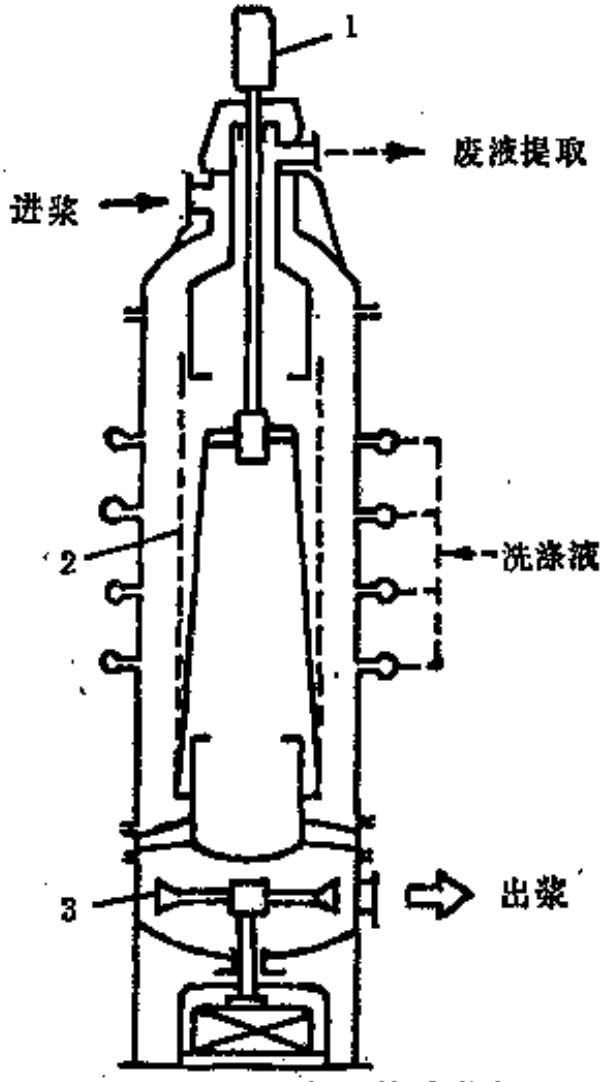


图8-1-32　压力置换洗浆机

1—升降机构　　2—筒式过滤板　　3—搅拌器

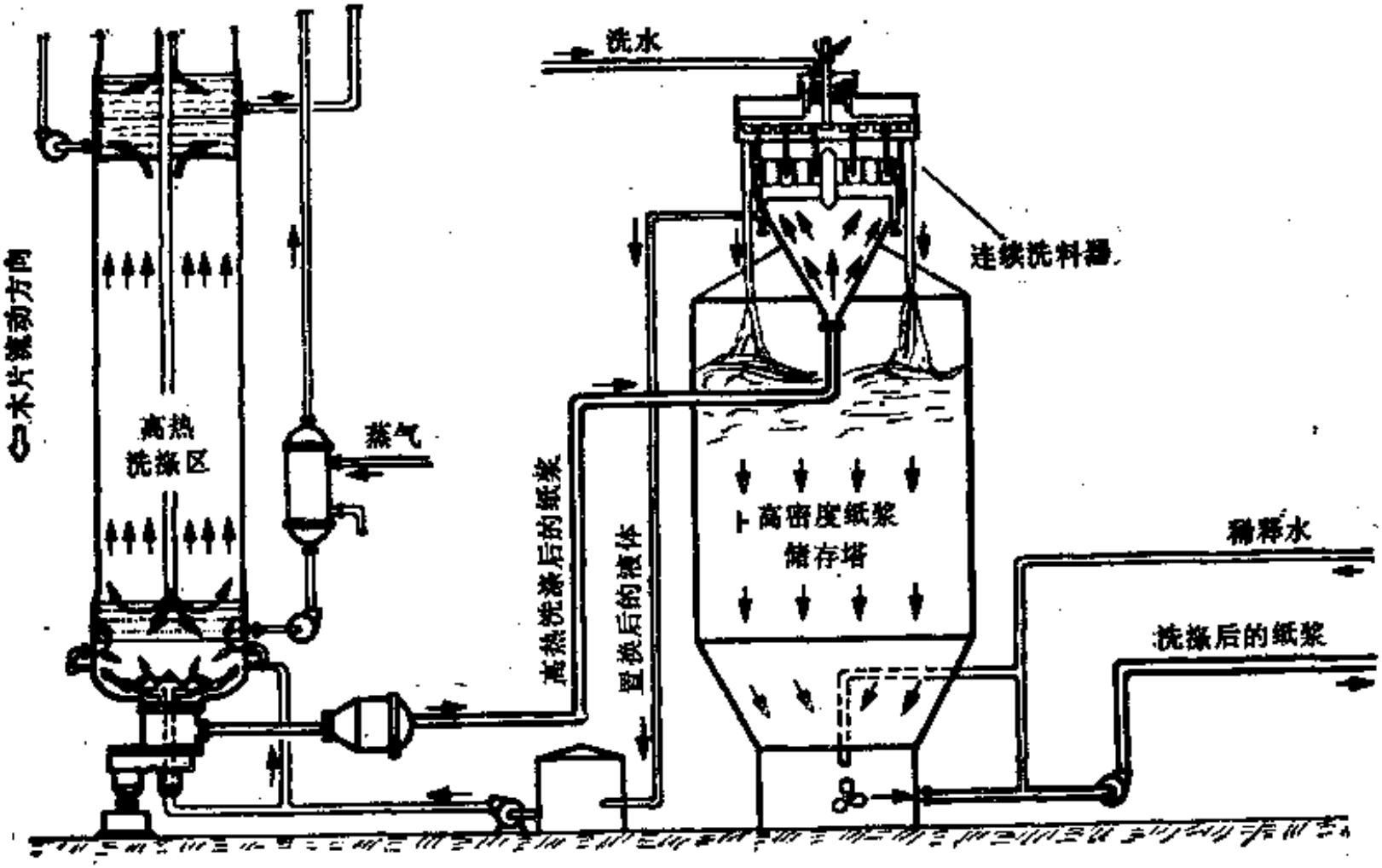


图8-1-33　置换洗浆机和卡米尔连续蒸煮器串联的流程

表8-1-49　　压力置换洗浆机的规格与能力

产　量（吨/日）	170～220
洗涤塔直径（毫米）	1005
高　度（毫米）	4514
过滤板孔径（毫米）	约 1.2
开 孔 率（%）	约14
进浆浓度（%）	约10
出浆浓度（%）	约 8
置换洗涤温度（℃）	100～120
最低压力（公斤/厘米²）	1.5
稀释因子	约 2.3

表8-1-50　　置换洗浆机与真空洗浆机的比较

	真空洗浆机	置换洗浆机
浆　种	未漂硫酸盐木浆	
进口浆浓（%）	0.4～1.6(通常0.8～1.0)	8～13
洗涤效率（%）	80～90	80～95
洗涤方式	稀释和脱水置换相结合(在脱水置换时空气进入是不可避免的)	抽提和置换(因为洗涤在纯浆内进行所以没有空气引入)
洗涤时间（秒）	4～30	360～600
浆层厚度(毫米)	10～15（一般30）	180～200
温　度（℃）	85	99
纤维流失(ppm)	30～50	20～50
操　作	空气进入黑液内产生泡沫，	洗涤时不产生泡沫，
装备情况	需要的设备多，动力消耗大。在室内操作，需要厂房	设备简单，动力消耗小，设备安在塔内，因而不需要厂房

置换洗浆机置于升流漂白塔顶部的流程如图8-1-34所示。

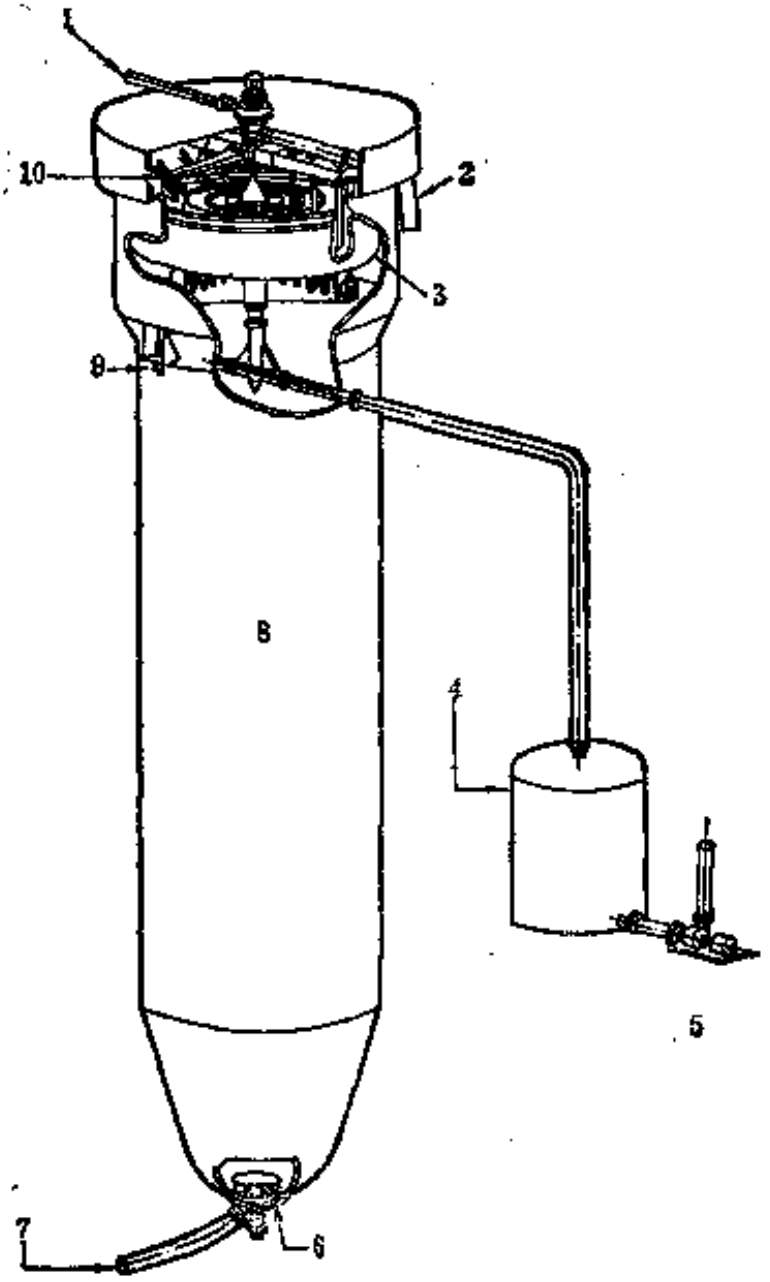


图8-1-34　置换洗浆机和升流漂白塔串联的流程

1—洗涤水　2—纸浆出口　3—单段置换洗浆机　4—滤液槽
5—滤液泵　6—混合器　7—纸浆入口　8—升流漂白塔
9—液压缸　10—刮板

4.置换洗浆机和真空洗浆机的比较

见表8-1-50。

（九）黑液的消泡与过滤

1. 黑液的消泡

（1）黑液形成泡沫的原因及对洗涤的危害：很多分子量大的有机物质都具有较大的表面活性及降低液体表面张力的能力。树脂皂就是这类有机物之一。由于树脂皂的表面张力小于黑液的表面张力，因此黑液中的树脂皂多存在于黑液的表层，即气相和液相的分界面上，面且表层的分子有定向排列的特性，即活性基团(如—COOH)朝向液体，非活性基朝气相方向，形成一层薄膜，这层薄膜和进入黑液中的空气混合时，即形成不易消除的泡沫。

在真空洗浆机里洗浆时，黑液经过多次搅拌、冲击形成的泡沫使上浆浓度波动，浆层忽厚忽薄、降低洗涤效果，增加黑液流失。树脂含量多的碱法木浆厂，应对泡沫的生成和消除予以足够的重视。

（2）泡沫的性质及组成：泡沫的强度，不但与其表面活性成正比，而且与本身的粘度成正比，树脂皂不但表面活性大而且粘度高(90℃时树脂皂的粘度大约为20℃时水的粘度的200倍)，因面形成的泡沫表面强度大而且能维持很长时间，其自行破灭的时间约15～16小时。影响泡沫强度的因素有：

粘度：粘度愈大，强度愈大

pH值：pH值愈大，强度愈大，

pH＝11，泡沫存在时间15分钟；

pH＝7，泡沫存在时间7分钟。

温度：温度高时强度低

60℃　消泡时间　10～11分钟

70℃　消泡时间　9 分钟

泡沫的组成，各不相同，但主要是皂化物，例如真空洗浆机前搅拌槽中形成的泡沫按容积计约含有6%的液体(其中一半左右是碱，其余大部分为皂化物)，94%的空气。不同类型泡沫的组成

见表8-1-51。

（3）消泡措施：根据泡沫形成的原因和性质可采取下列措施消除泡沫：

表8-1-51　　泡沫的组成

泡沫类型	容积重量(克/升)	含碱量(以Na_2O重%计)
初步形成的泡沫	62	3.02
破灭的泡沫	51	2.78
白　　沫	35	0.03

① 消泡剂法：采用表面活性大、表面强度低、粘度小的液体，如煤油、松节油或其它的表面活性剂，以喷雾的方式加入以改变泡沫层的状态，使其容易破裂，逸出空气。但消泡剂的耗用量大，每米^3泡沫约需1.5公斤煤油。而且消泡剂的使用会带来其它不良影响，如煤油会损害设备的橡胶部件，所以只是在特殊情况下才使用。

② 高压蒸气法：用高压蒸气喷射泡沫，借蒸汽的热能使泡沫温度上升膜层强度下降，同时靠蒸汽冲破泡沫，使空气逸出。这种方法过去应用较广，汽压力8～10公斤/厘米^2，但要消耗蒸汽。

③ 抽吸消泡法：在黑液槽的液面上用风机抽吸，使黑液槽产生负压，就不易生成泡沫。如果液面上有一些泡沫，也会被抽风机抽吸出来，经风机叶片的撞击而消泡然后送往旋风分离器，把带出的液体送回水封槽，尾气和部分泡沫从分离器顶部的管道送入泡沫槽。

④ 机械消泡法：一般浆厂消除洗涤时形成的泡沫的手段，是在各段洗涤机的黑液槽顶上配相应的机械消泡装置，如图8-1-35所示。这种消泡器是利用筛鼓的离心力将泡沫甩在消泡器上，由于冲击使泡沫破裂。泡沫中的液体回收入黑液槽，空气由抽吸作用排出。各段消沫器未能消除的泡沫随空气进入泡沫槽，其顶

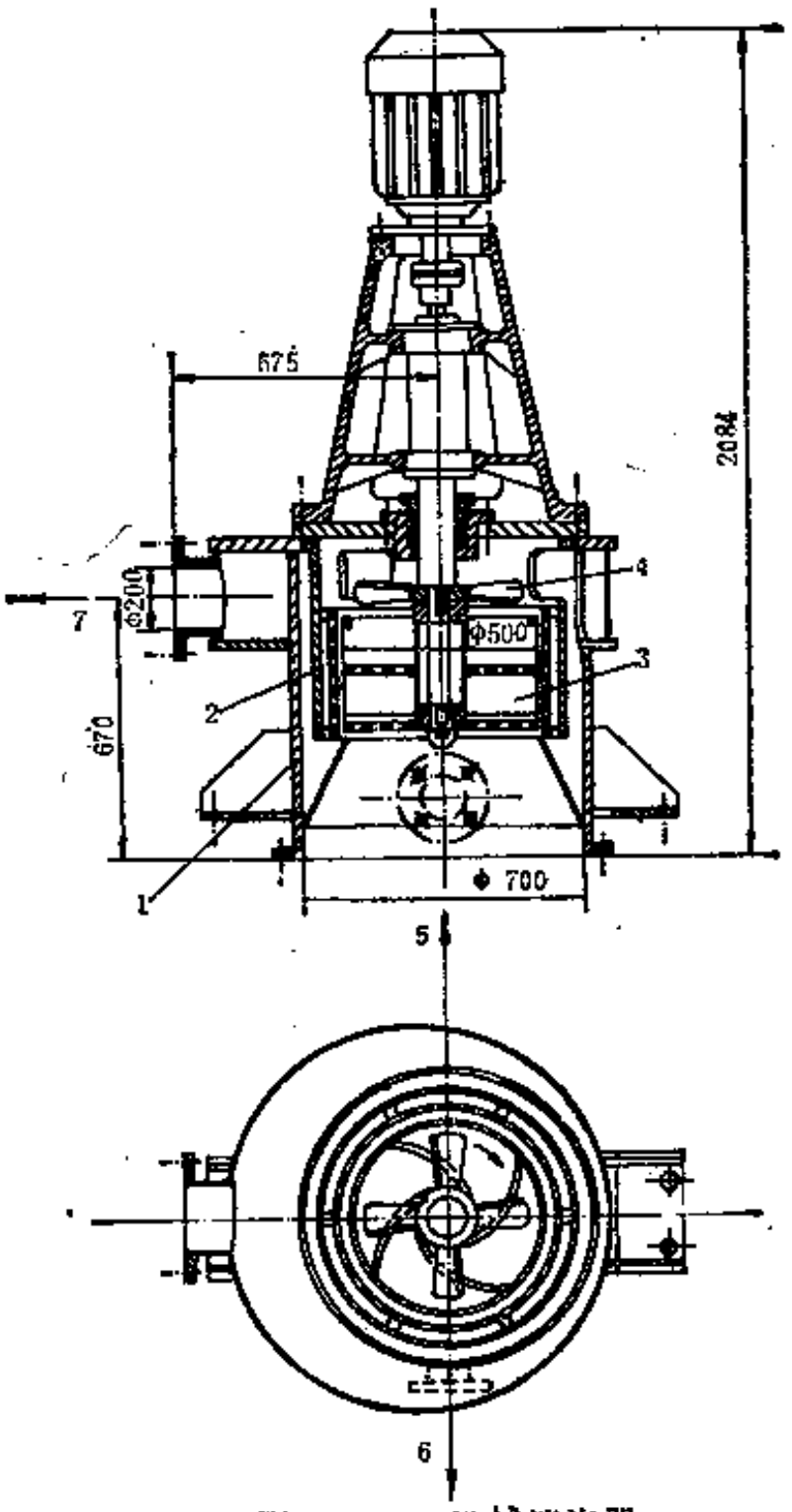


图8-1-35　机械消泡器

1—外壳　2—消泡室　3—转子　4—桨叶　5—泡沫进口　6—黑液出口　7—排气口

部也配有同样的消泡器。

这种方法设备简单消泡效率高，费用低，是目前普遍采用的消泡方法。

黑液槽和泡沫槽的规格如表8-1-52、8-1-53所示。

表8-1-52　　黑液槽规格

型号 / 项目	ZTZ14	ZTZ15	ZTZ16	ZTZ17	说明
容积（米³）	47	75	117	137	根据需
桶体尺寸(毫米)	φ3100×6000	φ4000×6000	φ5000×6000	φ5000×7000	要可配
重量（公斤）	5500	8450	10530	11600	消泡器
配用真空洗浆机	5米²	10米²	20米²	20米²	

表8-1-53　　泡沫槽规格

型号 / 项目	ZTZ18	ZTZ19	ZTZ20	说明
容积（米³）	64	100	186	配用消泡器
桶体尺寸(毫米)	φ3200×8000	φ4000×8000	φ5000×9500	型号ZTFI
重量（公斤）	6780	7170	17400	转子φ500×290毫米
				转速1450转/分
配用真空洗浆机	5米²	10米²	20米²	电机$JO_2$51—4(L_B)
				7.5千瓦

⑤ 其它：空气进入黑液中是形成泡沫的主要原因之一，因此在洗涤纸浆时应尽可能避免空气与纸浆接触，提高洗涤温度，采用全封闭热压洗涤和筛选流程。在洗涤设备的结构上应尽量避免黑液受到冲击。因此黑液水腿管在黑液桶中应配有料槽，逆流洗浆的每一网面淋洗装置都采用溢流槽结构。同时黑液桶要有足够的容积，在操作中要注意控制浆的浓度，保持黑液槽较低的液位和尽可能提高洗涤水的温度，这些对减少泡沫的形成都有明显的作用。

2．黑液的过滤

（1）概述：黑液过滤的目的，是将黑液含纤维量降至40～50毫克/升以下，以符合黑液蒸发要求，并回收部分纤维。

(2) 黑液过滤机的型号与规格

型　　号	ZNH　21F、ZNH21
过滤面积	3米^2
过滤能力	35～40米^3/小时(木浆)
转鼓规格	ϕ1000×1000毫米
转鼓转速	3.6转/分
重　量	2170公斤
配用电机	JZT22—4，1.5千瓦1台

(十) 洗浆机的滤网

1. 概述

洗浆机的滤网，是用来分离固相纤维和液相废液。目前造纸工业最常用的是各种金属网和塑料网。金属网以不锈钢网，蒙乃尔合金网和铜网用得最多，塑料网有聚酰胺网(尼龙网)、聚脂(涤纶)网、聚乙烯网、聚丙稀网等，编织的方式有平织、斜织、捻织、还有将金属系和塑料系编织成金属-塑料网。

洗浆(浓缩)机的里网常用8～14目的金属网起支承面网作用，洗浆(浓缩)机的面网，常用25目以上的各种滤网。

2. 滤网的选用

在选用滤网时，必须注意：

(1) 根据纸浆纤维的长短和脱水难易选用适当网目的面网。纤维长或滤水性差的浆，选用较大的网目，相反，选用较小网目。一般在40～60目内选择。

(2) 根据纸浆滤液的性质选用网的材料，过滤温度70℃以上的黑液要选用不锈钢或蒙乃尔合金网。碱性滤液不要使用铜网，否则容易锈蚀及糊网，中性或弱酸性废液可用铜网、酸性废液以用不锈网为宜。

(3) 要考虑滤网的耗用量、停机换网次数等因素对经济效果的影响，合理地选用滤网。

（4）由于价格便宜，脱水性好，更换方便，因此，各种塑料网已部分代替金属网用于纸浆的洗涤，几种塑料网的主要原料及性能见表 8－5－54。

表8-1-54　　几种塑料网的主要原料及性能

种　类		聚酰胺(尼龙-66)普通长丝	聚酯(涤纶)普通长丝	聚乙烯(低压)扁丝	聚丙烯长丝
延伸度(%)	干　态	25～65	20～32	8～35	20～80
	湿　态	30～70	20～32	8～35	20～80
比重（克/厘米^3）		1.14	1.38	0.94～0.96	0.90～0.91
耐热性	软化点	230℃发粘	238～240℃	100～115℃	140～160℃收缩
	熔　点	250～260℃	250～260℃	125～135℃	160～177℃收缩
耐酸性		耐弱酸，溶于浓酸部分分解	35%盐酸，75%硫酸，60%硝酸对其强度无影响	浓盐酸，硫酸对其强度无影响	不耐浓硝酸和某些氧化剂
耐碱性		在60℃以上对纤维有破坏作用	在10%NaOH和28%氨水中强度几乎不变	在50%NaOH溶液里强度无甚影响	耐碱性好

第二节　浆料的筛选和净化

一、概　　述

筛选和净化的目的是除去纸浆中不符合质量要求的组分，如未蒸解分、节子、粗纤维、砂粒、碎石子、铁块和树脂，以降低浆料的尘埃度。

筛选和净化的流程随原料、制浆方法及对纸浆质量要求的不

同而不同。

筛选和净化过程包括粗选、精选、除砂和粗渣处理。

二、 筛选和净化设备的分类

（一）筛选设备的分类

1. 振动筛

振动筛的分类见表 8－2－1。

表8-2-1　　振 动 筛 的 分 类

按振动频率分	按筛板形状分	按振动部件及良浆流向分
低　　频	平　　筛	振框浆降流式
		振膜降流式
		振鼓外流式
		振槽内流式
高　　频	平　　筛	振框降流式
		振膜升流式
		振框升流式
	圆　　筛	卧式振鼓内流
		平式振鼓内流
		立式振鼓外流

2. 离心筛

离心筛的分类见表 8－2－2。

3. 压力筛

（1）旋翼筛，旋翼筛的分类见表 8－2－3。

（2）筛鼓旋转，在鼓内叶片静止不动，立式单鼓内流；

（3）转子为筒体，立式或卧式单鼓外流；

表8-2-2　　离心筛的分类

型式	名称
A型离心筛	阿牟筛 (Apmew)
	泰培筛 (Trimbey)
	塞获考筛 (Celdecor)
B型向心筛	比法尔筛 (Biffar)
C型向心筛	寇文筛 (Cowan)
	拒劳筛 (Quiller)
	印普柯筛 (Impco)
	华德鲁筛 (Waterous)
Cx型离心筛	Cx型筛
	ZSL1-4型筛

表8-2-3　　旋翼筛的分类

按筛鼓数目分	按旋翼位置及良浆流向分
单鼓	旋翼在筛鼓内，良浆外流
	旋翼在筛鼓内，良浆内流
	旋翼在筛鼓外，良浆内流
双鼓	旋翼与进浆在两筛鼓之间
	旋翼与进浆在两筛鼓内外周
	内外筛鼓作为两级筛选之用

（4）转子类似Kx型，立式单鼓外流。

（二）净化设备分类

（1）沉砂沟。

（2）涡旋除渣器。

① 低压差除渣器； ② 柱形除渣器； ③ 锥形除渣器。

三、 筛选设备的比较

（一）以良浆通过筛孔所受推动力的比较

见表8-2-4。

表8-2-4 筛选设备的比较

筛选设备种类	筛孔两边浆料的静压差	机件运动增加的压力差
振动筛	小	小
离心筛	中	中
压力筛	大	大

（二）技术经济指标的比较

表8-2-5的技术经济指标表明，除了不太适宜采用压力筛和离心筛筛选长纤维浆外，应优先选用离心筛和压力筛。

表8-2-5 各种筛浆机的技术经济指标比较

名 称	单位筛板面积，相对日产量	单位日产量的设备相对重量	单位日产量的电机相对容量
Cx型离心筛	1	1	1
旋翼筛	0.78	1.6	0.57
C型离心筛	0.65	1.6	1.14
高频振鼓圆筛	0.62	2.5	0.29
A型离心筛	0.33	2.8	1.4
B型离心筛	0.18	4.4	2
内流低频振槽圆筛	0.11	5.2	0.43
外流低频振鼓圆筛	0.055	12	0.43
低频振膜圆筛	0.055	16	0.86

（三）离心筛分离粗渣的特性

离心筛在离心力的作用下，浆料在前进的方向形成环流。纤维和粗渣由于比重不同而分层。随着纤维不断的通过筛孔，未通过筛孔的粗渣则聚在一起，体积逐渐增大，直到从尾浆口排出。另外稀释水不断加入，使粗渣和纤维更容易分开。因此离心筛的筛选效率较高，而且排出的尾浆量也少。

四、筛选的主要设备

（一）高频振框式平筛

1. 概述

高频振框式平筛又称詹生筛(Jonsson)，是应用较广泛的一种粗选设备。它由一支承在减振器上的筛框和浆槽（混凝土和铁

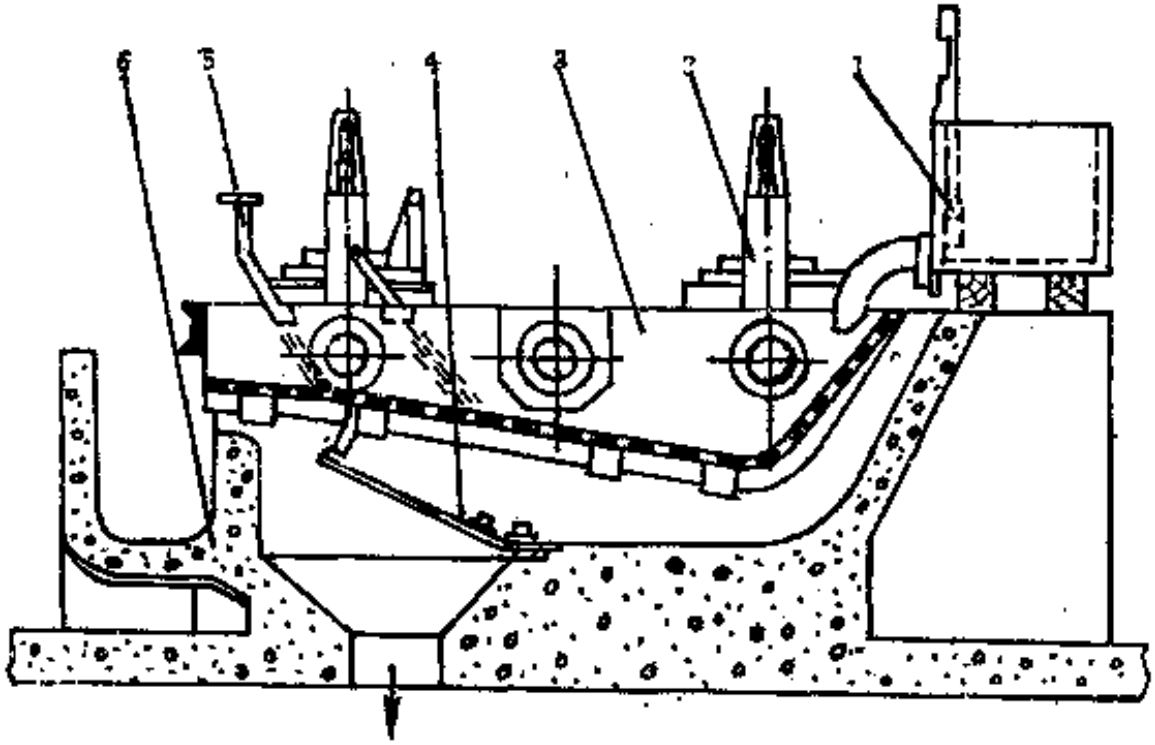


图 8-2-1　高频振框式平筛

1—进浆箱　2—减振器　3—筛框　4—浆位调节板　5—喷水管　6—粗渣沟

的)组成。筛框的底是一种曲面筛板。筛框的振动由偏重式振动器产生,减振装置由弹簧或橡皮块组成。

可以通过改变偏重物的偏心距来调节框架的振幅。一般为2毫米左右，频率1400～1450次/分。

这种筛浆机具有能力大，效率高，动力消耗低，占地面积小的特点。但操作条件较差，喷液压力较高。

2．型号和规格

见表8－2－6、8－2－7。

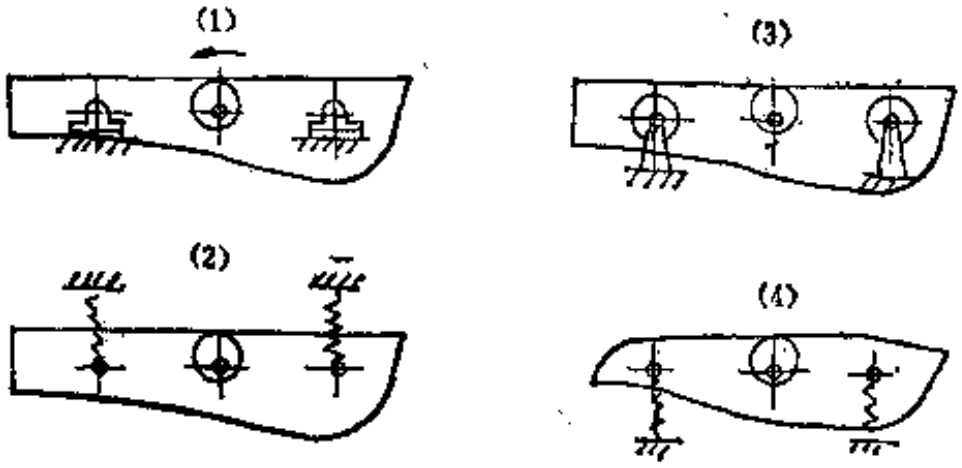


图8－2－2　振框式平筛结构

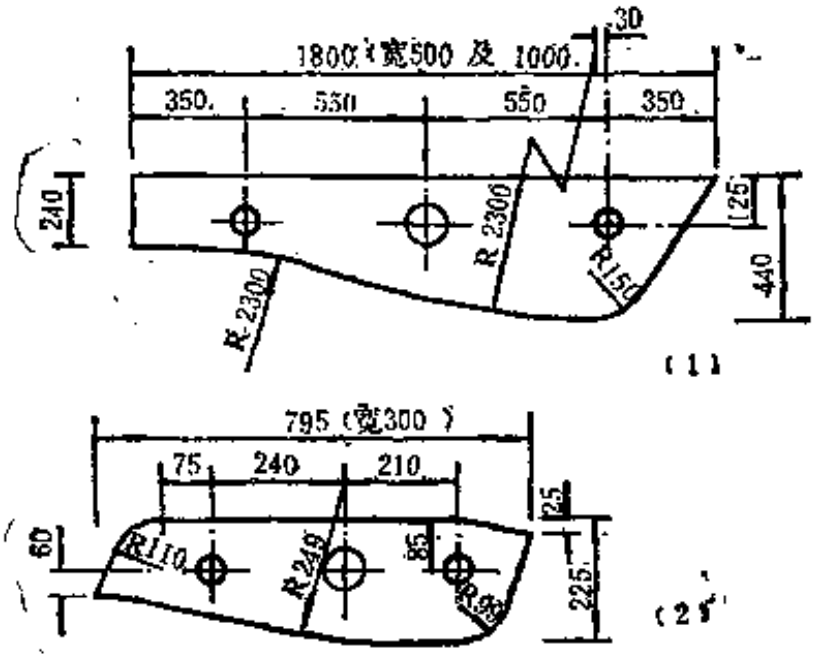


图8－2－3　振框式平筛筛板形状

表8-2-6　　ZSK系列振框式平筛的型号和规格

型　　号	ZSK1	ZSK2	ZSK3Fo	ZSK3
生产能力(吨/日)	3	15～30	60	
筛选面积（米²）	0.24	0.9	1.8	
筛板规格(毫米)	800×300	1800×500	1800×1000	
振动次数(次/分)	1420	1430	1440	
进浆浓度(%)	1～1.5	1～1.5		1～1.5
出浆浓度(%)	0.8	0.8		0.8
外形尺寸(长×宽×高)(毫米)	1100×600×750	2730×2110×1380		2730×2850×1560
设备重量(公斤)	200	300		800
电动机(1台)	JO₂21—4	JO₂32—4		JO₂41—4
功　率(千瓦)	1.1	3		4
减振及支持结构	压力弹簧	胶带减振〔图8-2-4(3)〕		拉力弹簧

表8-2-7　　其它几种振框式平筛

型　　号		SKGA-1.8		SKGA-0.9	
国外类似型号	英V₂		苏СД-60	瑞典R1	瑞典D
筛板规格(毫米)	1000×1800	1000×1800	1000×1800	500×1800	300×800
结构形式	图8-2-2-(1)	图8-2-2-(2)	图8-2-2-(2)	图8-2-2-(3)	图8-2-2-(4)
筛板形式	图8-2-3-(1)橡胶底轨	图8-2-3-(1)拉力弹簧	图8-2-3-(1)—	图8-2-3-(1)橡胶法兰	图8-2-3-(2)压力弹簧
减振及支持结构	图8-2-4-(1)	(d=18)		图8-2-4(2)	(d=8)
振　次（次/分）	1430	1430	1440	1430	1420
计算振幅(毫米)	2.12	2.20	2.20	2.11	2.44
主轴直径(毫米)	60	70	70	60	35
设备重量(公斤)	1165(包括浆槽)	805	860	350	165(包括浆槽)
电机功率(千瓦)	2.8	4.5	4.5	2.8	1.0

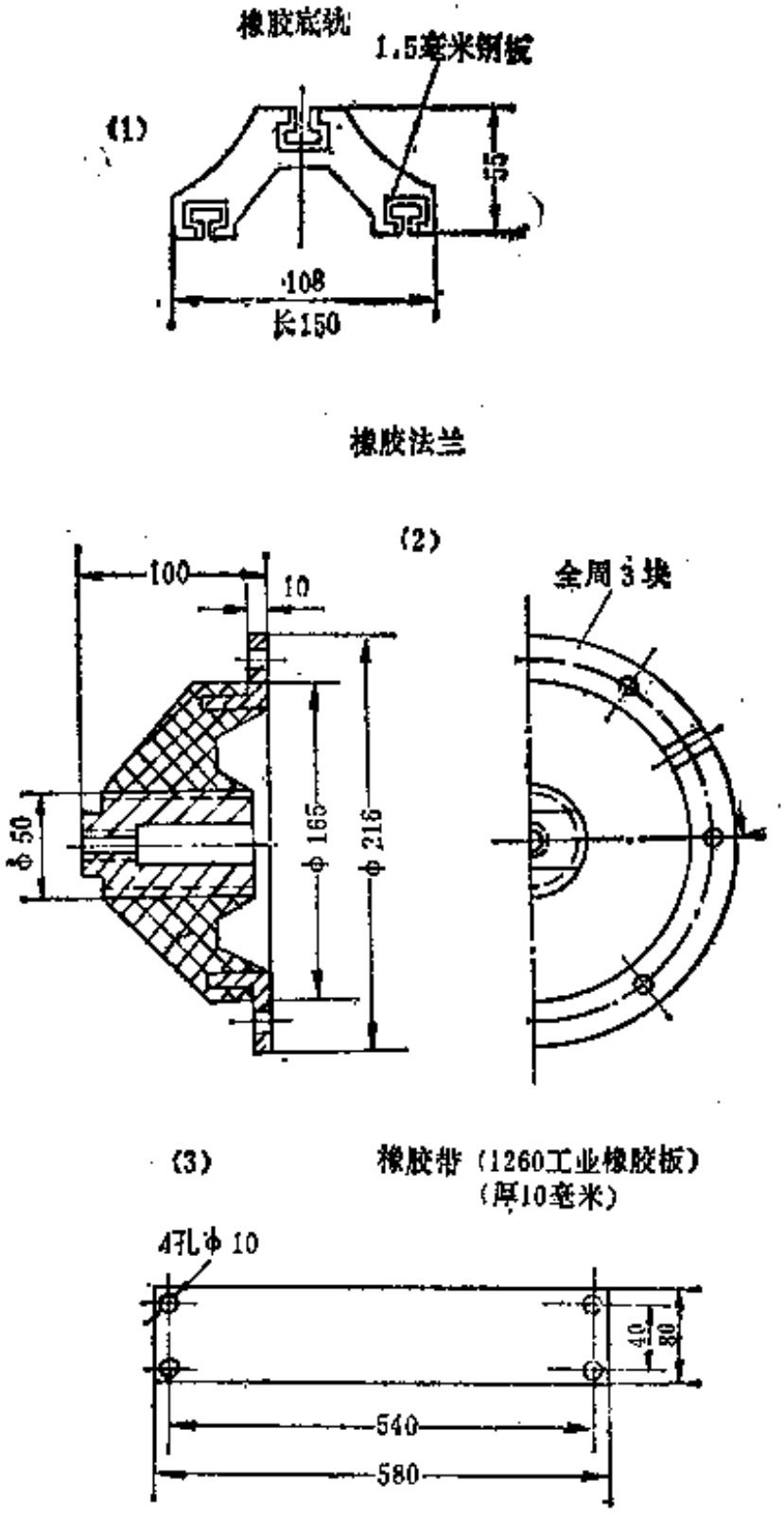


图 3－2－4　橡胶减振及支持结构

说明：(1) 橡胶底轨硬度肖氏"A"59°，比重1.107，天然橡胶含量73.53%，丙酮抽出物6.98%，三氯甲烷抽出物1.41%，灰分0.94%。(2)橡胶法兰硬度为肖氏60°

表8-2-8　　弹簧减振结构

图　号	名　　称	材料	油淬温度(℃)	回火温度(℃)	热处理后硬度值(HB)	弹簧直径d(毫米)	弹簧中径D_2(毫米)	节距t(毫米)	自由高度H(毫米)	说明
QZ1413	压力弹簧	65Mn	830	480	<269	ϕ8	ϕ72	15	120	
QZ1430	拉力弹簧	65Mn	830	480	<269	ϕ18	ϕ92	18	310	圈数17右旋
	压力保险弹簧	65Mn	830	480	<269	ϕ8	ϕ52	14	232	圈数16左旋

3. 工艺条件

（1）流程的确定：高频振框式平筛用于蒸煮粗浆除节的流程有两种，即先洗涤后除节和先除节后洗涤。各有优缺点。只要节子能顺利通过洗浆设备、不损坏滤网及沉淀在中间稀释槽内，采用先洗后除节的流程较好。

（2）筛孔的选择：随浆料和工艺条件的不同而不同，可参考表8-2-9选择。

筛孔排列和节距见图8-2-5，并参考表8-2-9选用。

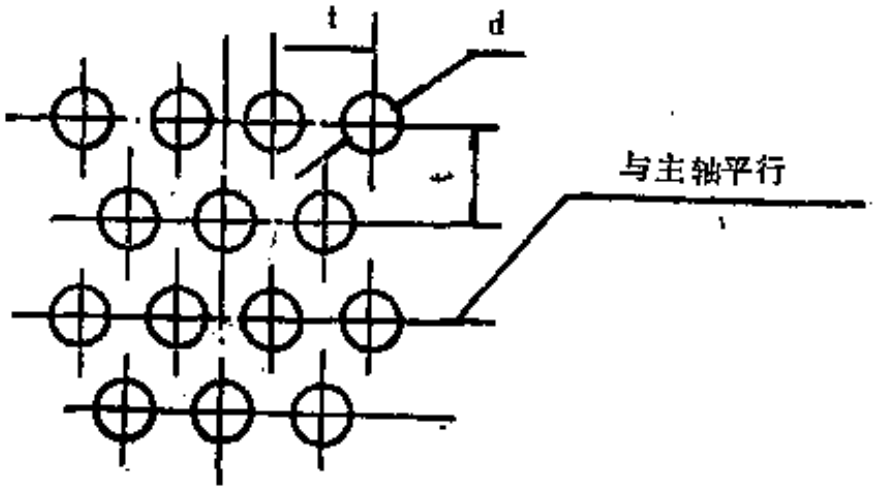


图8-2-5　筛孔排列和节距

（3）喷液的大小：喷液量越大，压力越高，除节效果越好。但有时加大喷液量会降低洗浆机上网浓度，影响洗浆效率。一般喷液量控制在15米³/吨浆左右，压力约2～2.5公斤/厘米²。使用

表8-2-9　　筛孔和节距的选用

筛　孔 d(毫米)	3	4	6	8	10
节　距 (毫米)	5	6	8.5	11	13

筛孔较小的筛板时，喷液压力要加大到5公斤/厘米^2或更高些。

（4）浓度的影响：进浆浓度对除节能力有很大影响。不同的工艺条件，如振幅、频率、筛孔大小及喷液量等，对浓度都有不同要求，一般控制在0.8～1.5%。

一般高频振框式平筛的工艺条件见表8-2-10。

表8-2-10　　高频振框式平筛工艺条件

浆　种	筛孔(毫米)	进浆浓度(%)	良浆浓度(%)
硫酸盐木浆	ϕ8～16	0.8～1.5	0.5～1.2
亚硫酸盐木浆	ϕ6～10	0.8～1.0	0.5～0.8
机械木浆	ϕ5～10	0.8～1.2	0.6～1.0
苇　浆	ϕ4～6	0.8～1.2	0.6～1.2
稻麦草浆	ϕ3～8	1.5～3.0	1.2～2.0
废纸浆	ϕ2～3	0.8～1.5	0.8～1.2

4．技术经济指标

高频振框式平筛的技术经济指标见表8-2-11。

表8-2-11　　高频振框式平筛技术经济指标

型　号	筛板面积(米^2)	单位筛板面积的日产量(吨/米^2)	单位日产量的设备重量(公斤/吨)	单位日产量的电机功率(千瓦/吨)
ZSK2	0.9	45	8	0.062
ZSK3	1.8	47	9	0.050

5．使用中应注意事项

（1）安装的高度：为用作连续洗浆前的除节设备，高频振框

式平筛内良浆浆位一般要高出洗浆机头槽浆位1～2米。

（2）各个偏重块的偏重力矩和方向必须相同。在开车时，各个偏重块的偏重方向都应在回转轴的正下方。对于壳形偏重块，应使两边45°斜边角度相等。对于可调节偏重的偏重块，应使每块的偏重量和偏心距相等。

（3）同一级减振器的刚度和安装后的原始变形量应相等，不得有不均匀受力和变形。

（4）开机前必须按生产时的正常浆位充满水，提高介质阻力，使之不致因越过共振区时的振幅过大，而碰击机件或损坏轴头密封装置。

（5）不得一侧进浆，以免偏重、损坏设备。

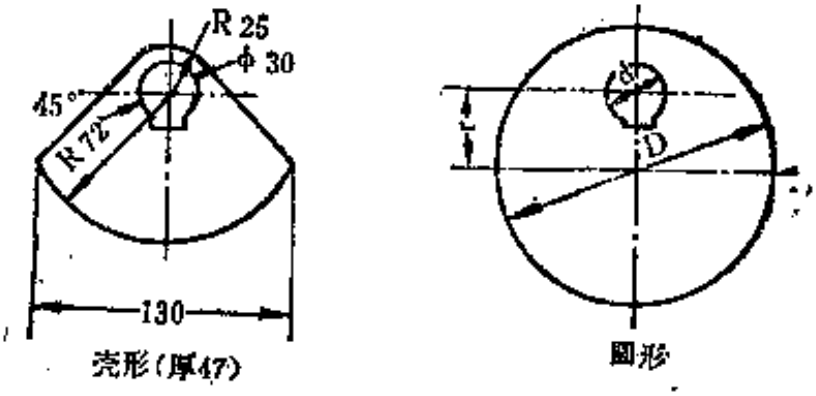


图 8－2－6　两种常用的偏重块

表8-2-12　　圆形偏重块的尺寸

振框式平筛规格	圆形偏重块尺寸(毫米)				数　量
	D	B(厚度)	r	d	(只)
500×1800	φ168	30	40	50	2
1000×1800	φ170	55	40	50	2

（二）低频振动式平筛

1．概述

低频振动式平筛可分为振框式和振膜式两种。振框式采用圆

筛孔，可作为除节设备，而振膜式都是长筛缝，可用于长纤维浆的筛选。筛板为平板，进浆静压差低。

低频振动式平筛结构简单，适应性较广，振膜式筛选质量尚好。但单位面积的筛板筛浆能力低，噪音大，动力消耗高，占地多，筛板容易堵塞，需经常停机清洗。

低频振膜式平筛是由木槽、筛板、振动装置等部分组成。振膜与筛板的间距约110～115毫米，振膜为厚约15～20毫米的软橡胶。筛板一般由 6 块、 8 块或12块规格为1100 ×305 毫米筛板组成，每两块筛板的下方共用一组振动机构，由同一根主轴上的凸轮带动。

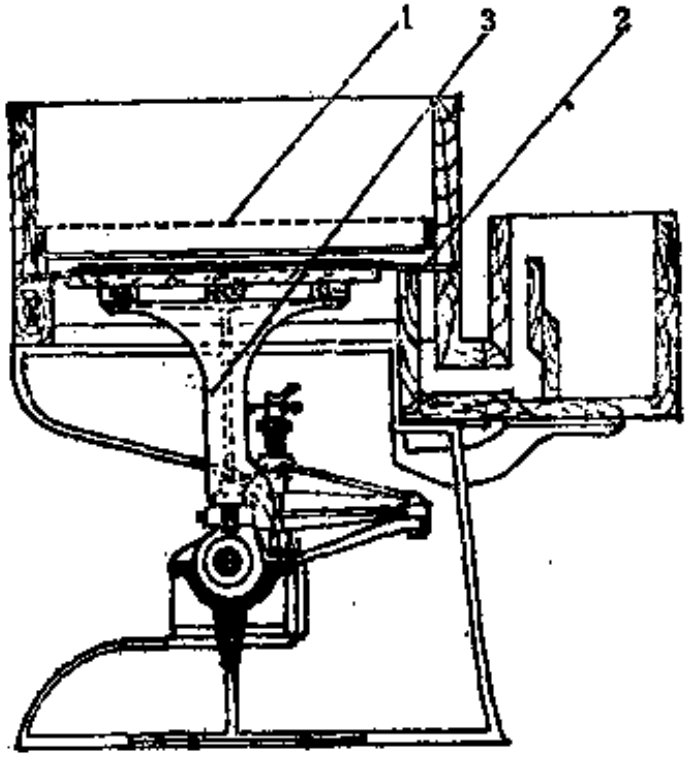


图 8－2－7　低频振膜式平筛

1—筛板　　2—橡胶膜　　3—凸轮从动杆

2．低频振膜式平筛

低频振膜式平筛规格见表 8－2－13。

3．低频平筛使用实例

见表 8－2－14和 8－2－15。

表8-2-13　　低频振膜式平筛规格

型　号	筛板面积（米²）	筛板尺寸（毫米）	振　次（次/分）	振幅（毫米）	功　率（千瓦）	设备重量（公斤）	能　力（吨/日）
SMD—2.7	1060×2400（2.7米²）	1100×305（8块）	450	6	2.8	1890	2～4
ZSM1	1100×3600（4米²）	1100×305（12块）	600	8	4.5	2700	7～9

表8-2-14　　几种低频振膜式平筛的规格

图　号	筛板数（块）	板次（次/分）	振幅（毫米）	筛板厚度（毫米）	筛板至振膜距离（毫米）
QZ 141	12	600	5	8	132
1414	8	450	6	8	
	8	360～417	～10	～10	110～115

表8-2-15　安装在磨木机后的低频振振式平筛使用实例

筛板面积（米²）	振次（次/分）	筛孔（毫米）	动力（千瓦）	浓　度（%）	能力（吨/日）
2.52	275	7	4.5	0.8～1.2	25
1.73	340	6～8	～3.7	0.9～1.2	15～20
1.65	416	4	4	0.9	12

表8-2-16　低频振膜式平筛工艺条件及技术经济指标

筛　缝（毫米）	纸浆浓度（%）	单位筛板面积筛浆量（吨/米²·日）	单位日产量的设备重量（公斤/吨）	单位日产量电机功率（千瓦/吨）
0.3～0.7	0.3～0.6	1.5～2.5	300～450	0.5～0.7

4．振动机构及筛板

（1）振动机构如图 8－2－8 所示。

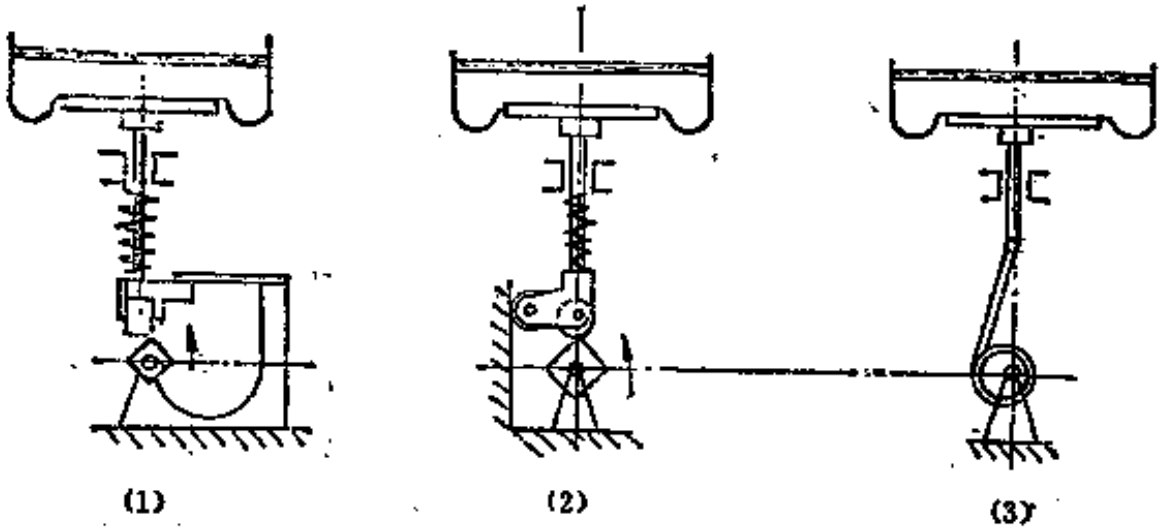


图 8－2－8　振膜式平筛振动机构

图 8－2－8 中(1) 是国内常见的结构形式。由凸轮（三角形或四角形)机构及弹簧产生振动，凸轮从动杆采用板簧导向。(2) 结构与(1)同，但采用滑轮导向。(3) 采用偏心轮产生振动。

振框式平筛振动机构比较简单，多为偏心轮，另一端接弹簧板。振次较低，一般275～450次/分，振幅较大，约10～25毫米。

(2) 筛板：振框式平筛采用圆筛孔，直径 4 ～ 8 毫米，排列方式与高频振动筛同。振膜式平筛是长筛缝，缝宽0.2～0.9毫米。筛缝排列形式及断面形状见图 8－2－9 、 8－2－10。

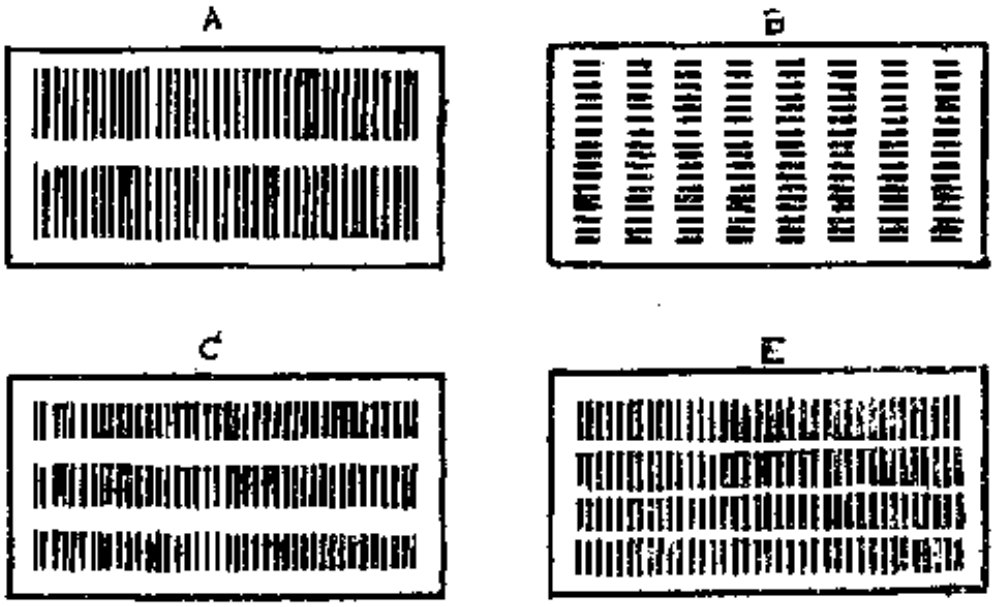


图 8－2－9　筛缝排列形式

说明：另有一种AE型，背缝A型，面缝E型。



图 8－2－10　筛缝断面形状

a常用0.2～0.9毫米，b常用1.4～1.8毫米，c为2.5～4毫米，θ～36°

表8-2-17　　筛缝与缝距

排列型式	每25.2毫米长度的筛缝数	筛缝宽度(毫米)
A	2,4,5,	最大达3.15
B	4～8	最大达3.15
C	4～8	0.15～0.30
E	6～8	0.15～0.30
AE	6～8	0.15～0.30

5. 影响筛浆能力的因素

（1）振幅：振幅与能力的关系见表 8－2－18。

表8-2-18　振幅与能力的关系(筛板面积43×12英寸)

振　幅(毫米)	3.15(1/8英寸)	4.2(1/6英寸)	6.3(1/4英寸)
能　力(吨/日)	1.8	2.4	3.0

注：条件：浓度0.5%，筛缝0.25毫米。

（2）频率：频率与筛浆浓度的关系见表 8－2－19。

表8-2-19　　频率与筛浆浓度

凸轮(转/分)	180	160	150
筛缝(毫米)	0.3($\frac{12}{1000}$英寸)	0.25($\frac{10}{1000}$英寸)	0.25($\frac{10}{1000}$英寸)
通过浓度(%)	0.4～0.5	0.3～0.4	0.2～0.3

续表

凸轮(转/分)	150	140	140
筛缝(毫米)	0.2($\frac{8}{1000}$英寸)	0.15($\frac{6}{1000}$英寸)	0.15($\frac{6}{1000}$英寸)
通过浓度(%)	0.1~0.2	0.08~0.09	0.07以下

加大频率(凸轮转速与凸轮边数乘积)，可提高筛板的净化效能，因此相应的通过浓度可以大一点，筛缝也可以宽一点。

(三) 高频振鼓圆筛

1. 概述

高频振鼓圆筛是一种内流式筛选设备。有多种型式，除了结构(主要是减振器结构)略有差别外，其工作原理和性能相似。筛板是长缝的，并需一定压力的喷洗水。

由于筛鼓作高频振动并转动，提高了筛分能力，浆料通过筛缝的阻力小。因此这种圆筛具有生产能力高，占地面积小，筛选质量好的优点。

2. 几种高频振鼓圆筛的型号和规格

见表 8-2-20。

表8-2-20　　高频振鼓圆筛型号和规格

型号	筛鼓规格(毫米)	频率(次/分)	振幅(毫米)	转速(转/分)	电机功率(千瓦) 振动用	电机功率(千瓦) 回转用	说明
VS-B75	ϕ1000×750	1450	2~3	~2	20	1.1	瑞典Lindblad型
L_3	ϕ1000×1000	1200	0.5	6.3	15	1.1	芬兰Jönsson Lindgren型

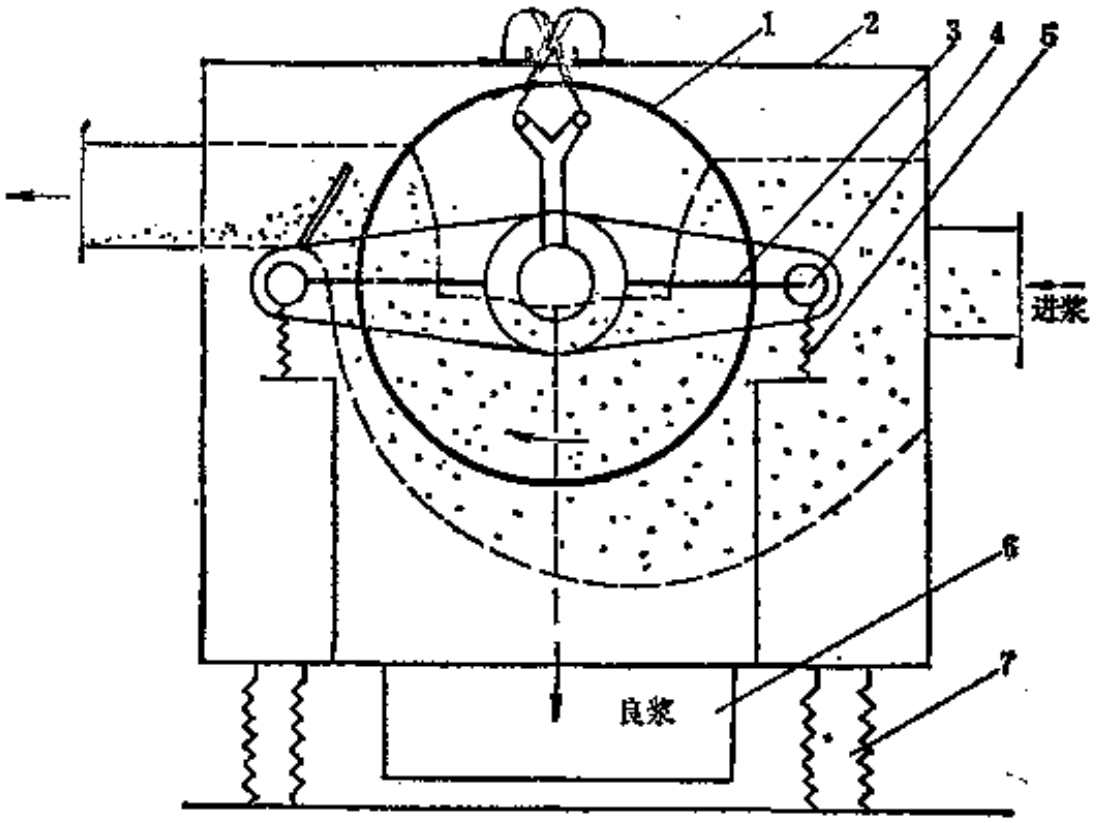


图8-2-11 L_s型高频振动圆筛结构

1—筛网 2—浆槽 3—横梁 4—偏重轴 5—一级减振器 6—平衡重物 7—二次减振器

3. 工艺条件及技术经济指标

表 8-2-21 高频振动圆筛的工艺条件

型 号	浆 种	入口浆浓（%）	筛缝宽（毫米）	水压（公斤/厘米²）	尾浆量（占进浆量 %）	生产能力（吨/日）
Vs-B75	亚硫酸盐木浆	0.4～0.6	0.30	6～8	30	30～50
L_s	亚硫酸盐木浆	1.0～1.5	0.35～1	5	20	55～7?

表 8-2-22 高频振动圆筛技术经济指标

名 称	单位筛板面积的日产量（吨/米²）	单位日产量的设备重量（公斤/吨）	单位日产量的电机动率（千瓦/吨）
高频振动圆筛	28	62	0.2

4. L_s型高频振动圆筛的动力消耗及生产能力

表 8-2-23　高频振动圆筛的筛缝与动力消耗的关系

型号	筛数		在下列筛缝(毫米)下的动力消耗(马力)						
	规格(毫米)	面积(米²)	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
L_3	φ1000×1000	3	19	18	16	14	12	10	7
L_2	φ1000×750	2.25	15.5	13.5	11.5	9.5	8	6.5	5
L_1	φ1000×600	1.5	10.5	9.5	8.5	7.5	6	4.5	3
L_0	φ500×400	0.6	3～5						

表 8-2-24　筛选源自亚硫酸盐木浆时生产能力

浆料浓度	在下列筛缝宽(毫米)时生产能力(吨/日)				
(%)	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50
0.4	20	23	26	32	40
0.8	33	40	47	56	68
1.2	46	55	63	75	90
1.4	50	60	70	82	100
1.6	61	62	73	86	105

注：当筛选未漂亚硫酸盐木浆时，生产能力为上表的 80%，筛选硫酸盐木浆时为 70%。

表8-2-25　高频振动圆筛用于亚硫酸盐木浆的生产实例

型式	Vs—B75 (Lindblad)	L_3 (Jonsson-Lindgren)
筛缝宽度 (毫米)	0.25；0.35	0.35
生产能力 (吨/日)	30～35；50	55～75
进口浓度 (%)	0.4～0.6	1～1.5

注：尾浆量占进浆量的20～30%。

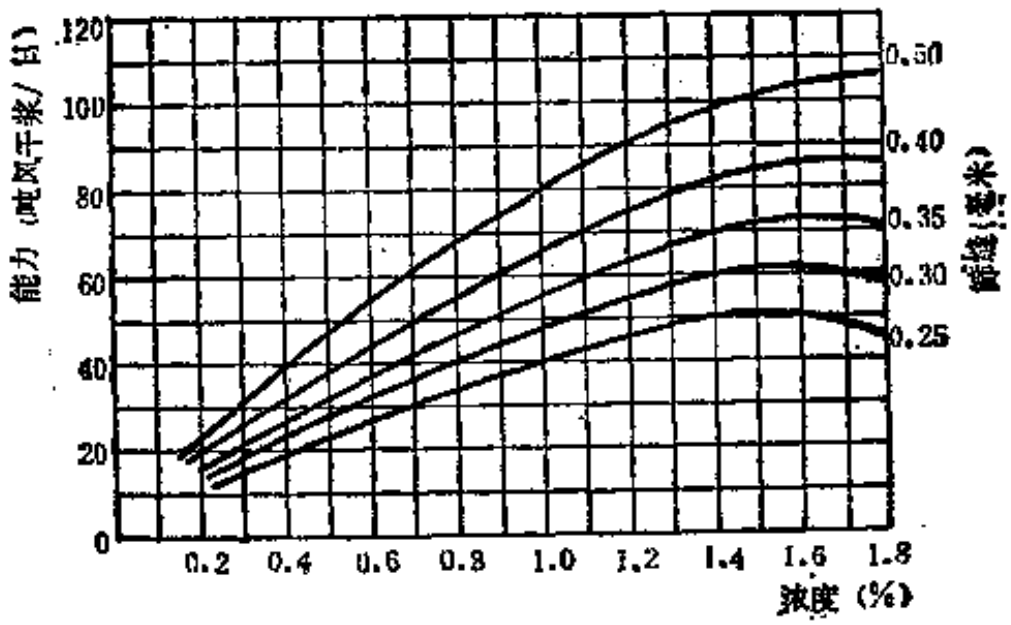


图8-2-12　L_3型高频振鼓圆筛生产能力

图8-2-12曲线是L_3型高频振鼓圆筛的生产能力，L_2型应将图中数据乘0.75，L_1型乘0.50，L_0型乘0.15。而且上图是筛选漂白浆时的结果，筛选未漂亚硫酸盐木浆时应将图中数据乘0.8，筛选未漂硫酸盐木浆时乘0.7。

表 8-2-26　　φ1000×750高频振鼓圆筛用水要求

	压力（公斤/厘米²）	水　量（升/分）
总　水　源	5	430
1。筛鼓内喷水	4.5	150
其中穿过筛鼓进入浆池槽		50
2。筛鼓外喷水	3.5	280

（四）跳　　筛

1．概述

跳筛也是一种振框式平筛，它是由偏心重块的振动机构和铺有40～60目/英寸铜网、略为倾斜的振框组成。适用于中小型厂草类纤维，特别是杂细胞含量高的稻麦草浆。

跳筛的振次一般在1400～1405次/分，振幅3毫米左右。浆料从倾斜的筛网上流过，杂细胞则通过筛网随白水排出。

跳筛结构简单，操作方便，有一定筛选效果。但纤维流失大，设备易损坏，随着筛网的堵塞筛选效果大大下降。

2．跳筛前后浆料比较

表 8-2-27　　跳筛前后的浆料比较

浆　种	打浆度(°SR)		湿重(克)		滤水度(秒)		筛渣（%）		
	筛前	筛后	筛前	筛后	筛前	筛后	杂细胞	短纤维	长纤维
未漂草浆	25.0	20	47.1	48.1	—	—	60	20	20
未漂草浆	30.5	21	47.0	48.0	9.2	7.2	60	25	15
漂白草浆	39.5	26	46.3	47.9	13.5	10.0	65	20	15

注：(1) 进浆浓度0.5%，出跳筛浓度4～7%。

(2) 0.3毫米以上为长纤维，以下为短纤维。

(3) 筛框倾斜度为0.23/1。

（五）A型离心式筛浆机

1．概述

A型离心式筛浆机是阿牟（APMew)筛、春培（TriMbey)筛、塞获考(Celdecor)型等几种类型筛浆机的统称，属通过式，是利用筛板前后浆料的压力差使纤维通过筛孔的。筛鼓内外充满浆料。转子回转时也产生离心力，但较小，不足以影响浆料通过筛孔。阿牟型离心式筛浆机如图8-2-13所示。

由于A型离心筛的结构和利用浆位差通过筛板，决定了它的筛孔不宜过大，筛浆浓度不能过高，而尾浆量又较大，筛选效率低。因此这种筛浆机已逐渐被其他型式筛浆机所代替。

2．A型离心式筛浆机的型号和规格

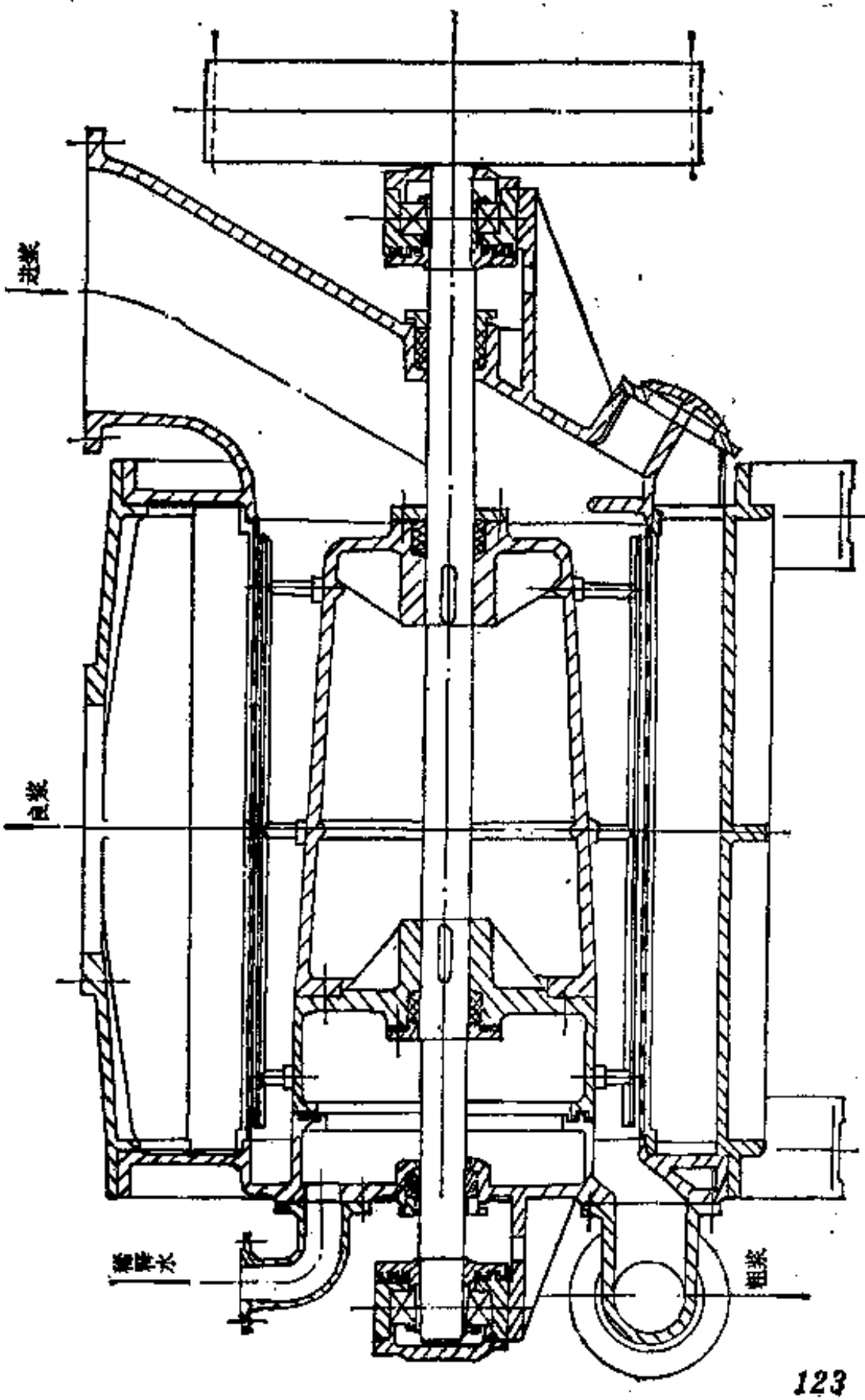


图8-2-13 阿牟型离心式筛浆机

123

表 8-2-28　　A型离心式筛浆机的型号和规格

型　　号	SLA—1.5	SLA—1.6	SLA—2	SLA—3
图　　号	FQZ 1440	FQZ 1476	FQZ 1494	FQZ 1439
筛鼓规格(毫米)	ϕ660×760	ϕ644×795	ϕ635×1000	ϕ765×1230
筛选面积(米^2)	1.66	1.6	2.0	3.0
能力(吨/日)	5～8		15～20	48
电动机型号	JO 73—6	JO 83—6	JO$_2$72—6	J81—6
功率(千瓦)	20	40	22	28
设备重量(公斤)	1870	1775	1630	2360
备　　注	塞获考型	春培型	阿单型	阿单型的改进

3. 工艺条件及技术经济指标

表8-2-29　　阿单型离心式筛浆机筛浆的工艺条件

浆　　种	筛孔(毫米)	进浆浓度(%)	良浆浓度(%)	尾浆浓度(%)	粗渣浆(%)
硫酸盐木浆	1.8～2.4	0.4～0.8	0.3～0.6	0.6～1.2	20～30
亚硫酸盐木浆	1.3～1.8	0.4～0.8	0.2～0.6	0.6～1.0	10～20
机械木浆	1.2～1.7	0.6～1.2	0.5～1.0	0.7～1.5	10～20
苇　　浆	1.0～1.5	0.6～1.0	0.4～0.9	0.8～1.5	4～10
稻麦草浆	1.0～1.4	0.5～0.8	0.4～0.7	0.8～1.2	2～8
蔗渣浆	0.8～1.2	0.5～0.9	0.4～0.6	0.7～1.5	4～10

表8-2-30　　A型离心式筛浆机的技术经济指标

名　　称	单位筛板面积的日产量(吨/米^2)	单位日产量的设备重量（公斤/吨）	电机功率(千瓦/吨浆)
国产A型离心式筛浆机	10～15	50～80	0.7～1.1
苏联2AЦ型	17	50	0.7

4. 影响筛选效率的因素

(1) 浆位差对筛选效率的影响

表8-2-31　　用A型筛筛选亚硫酸盐木浆

浆　号	浆位差 $H_1—H_2$（毫米）	入口浓度（%）	良浆浓度（%）	尾浆量（吨/时）	筛选效率（%）	产　量（吨/时）
1	287	0.36	0.26	0.141	89.0	1.132
	221	0.36	0.28	0.226	84.9	1.362
	188	0.37	0.29	0.219	84.8	1.226
	162	0.38	0.28	0.218	84.9	1.218
2	271	0.37	0.28	0.466	73.9	1.333
	182	0.38	0.28	0.541	71.6	1.363
	137	0.36	0.28	0.662	67.7	1.388
	111	0.38	0.29	0.602	67.5	1.254

表 8-2-32　　用A型筛筛选硫酸盐木浆

浆位差$H_1—H_2$（毫米）	筛 选 效 率（%）	尾浆中良浆含量(%)
-336	19.4	24.8
-267	12.3	37.0
-256	11.6	39.7

表8-2-33的数据表明，在入口浓度0.4～0.55%，良浆浓度0.35%时，进口浆位和良浆浆位的差值越小，产量越高，而尾浆流失也小。见图8-2-14。

表 8-2-33　　A型筛的浆位差和产量的关系

进口浆位(毫米)	良浆浆位（毫米）	浆位差(毫米)	产量（吨/时）	尾浆量(吨/时)
1678	1700	-22	0.821	0.312
1696	1710	-14	0.976	0.240
1715	1718	-3	1.004	0.155
1720	1710	+10	0.975	0.278
1786	1702	+84	0.845	0.392
1810	1702	+108	0.845	0.769

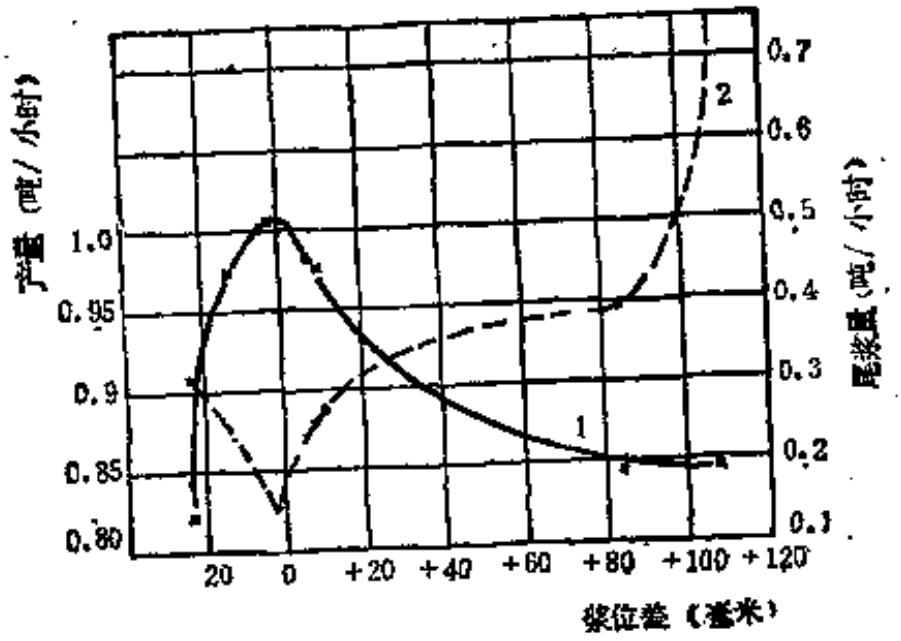


图8-2-14　A型筛的浆位差和产量的关系。

1—产量　　2—尾浆量

产量和筛选效率是衡量筛浆机性能的两个指标。产量高，筛选效率不一定好。因此调节进浆浆位和良浆浆位，综合权衡产量和筛选效率是用好A型离心筛的关键之一。

（2）浓度与筛选效率的关系，见表8-2-34及图8-2-15。

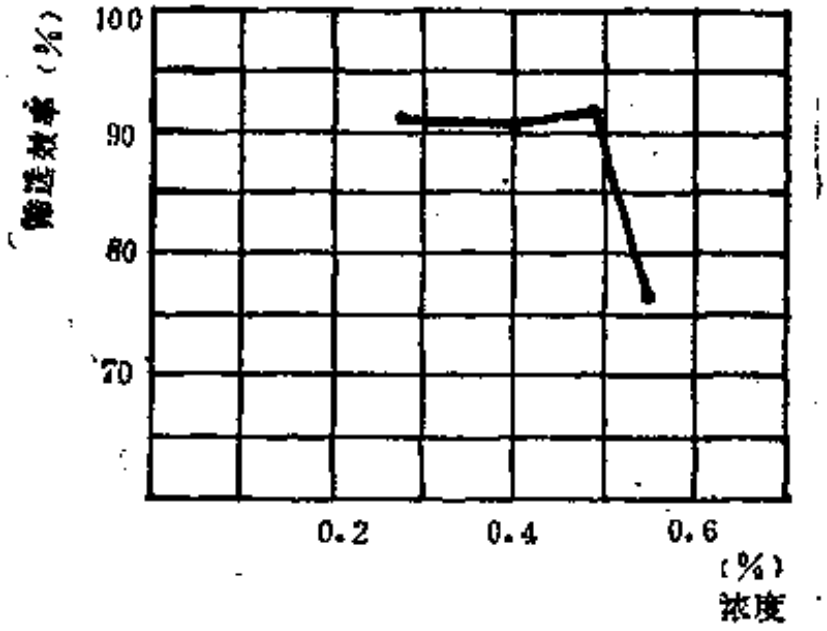


图8-2-15　A型筛的浓度与筛选效率的关系

从表8-2-35及图8-2-16可以看出，随着进浆浓度的提高，进

表8-2-34　　A型筛的浓度与筛选效率的关系

进口浓度（%）	良浆浓度（%）	尾浆浓度（%）	产　量（吨/时）	尾浆量（吨/小时）	筛选效率（%）
0.28	0.22	0.64	0.906	0.086	91.3
0.40	0.31	0.60	1.185	0.126	90.4
0.48	0.37	0.42	1.362	0.120	91.6
0.54	0.42	0.70	1.165	0.312	76.8

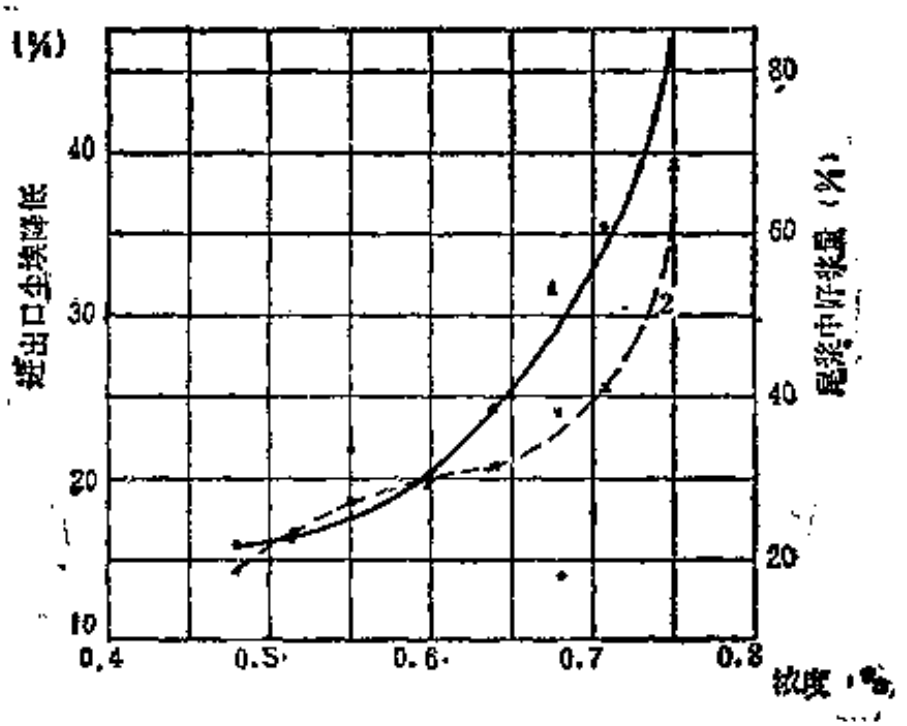


图8-2-16　A型筛的浓度与质量的关系

1-尘埃降低　　2-尾浆中好浆量

表8-2-35　　A型筛的浓度与质量的关系

进口浓度(%)	0.48	0.52	0.55	0.60	0.64	0.68	0.71	0.75
良浆浓度(%)	0.32	0.40	0.43	0.43	0.45	0.44	0.51	0.48
尾浆浓度(%)	1.12	0.45	0.48	0.75	0.74	0.49	0.54	0.45
进出口尘埃降低(%)	16.2	17.1	21.2	20	24.3	14.3	35.2	46
尾浆中好浆量(%)	18.9	24.6	26.9	29.4	31.5	38.4	40.4	67.9

出口尘埃降低率也有所提高，但尾浆内含好浆量也随着增大，所以应选择合适的浓度，一般进浆浓度以0.6%左右为宜。

表8-2-36 A型筛的浓度对裂断长的影响

浓度(%)	0.35	0.4	0.41	0.5	0.6	0.64	0.7	0.72	0.8
裂断长(米)	2196	2098	2602	2371	2755	2400	2464	1600	1605

注：条件：筛选机械木浆，筛孔为φ1.4～1.5毫米。

(六) B型离心式筛浆机

1. 概述

B型离心式筛浆机又称比法尔 (Biffar)筛，其构造如图8-2-17所示。筛鼓分成三区，筛孔可以由大到小，进浆一侧有8～9片弯曲的导流叶。筛鼓内有一圆筒，圆筒内外均焊有叶片，内外叶片之间有一排喷水孔。

尾浆口的位置比进浆口高，这样可以使筛鼓在充满浆的情况下工作，防止筛孔堵塞，提高筛选质量。这种筛浆机可以进行分区筛选，所以筛选质量好，尾浆量较少，而且尾浆中含好纤维也少。但筛鼓面积大，单位筛板的面积产量低于其它型式的离心筛，而且结构复杂，装拆、检修不方便，劳动强度大。目前已逐渐被其他离心筛所代替。

2. B型离心式筛浆机的型号和规格

表8-2-37 B型离心式筛浆机的型号和规格

型号	图号	鼓			电机	功率 (千瓦)	能力 (吨/日)	重量 (公斤)
		面积 (米²)	直径 (毫米)	长度(毫米)				
SLB-5	FQZ1422	5.0	φ883	2×750+300	J082-6	28	10～20	2725
SLB-6.8	FQZ1421	6.8	φ1180	2×750+350	J083-6	40	20～35	3967
SLB-8.6	FQZ1420	8.6	φ1375	2×750+500	J093-6	55	35～55	5320

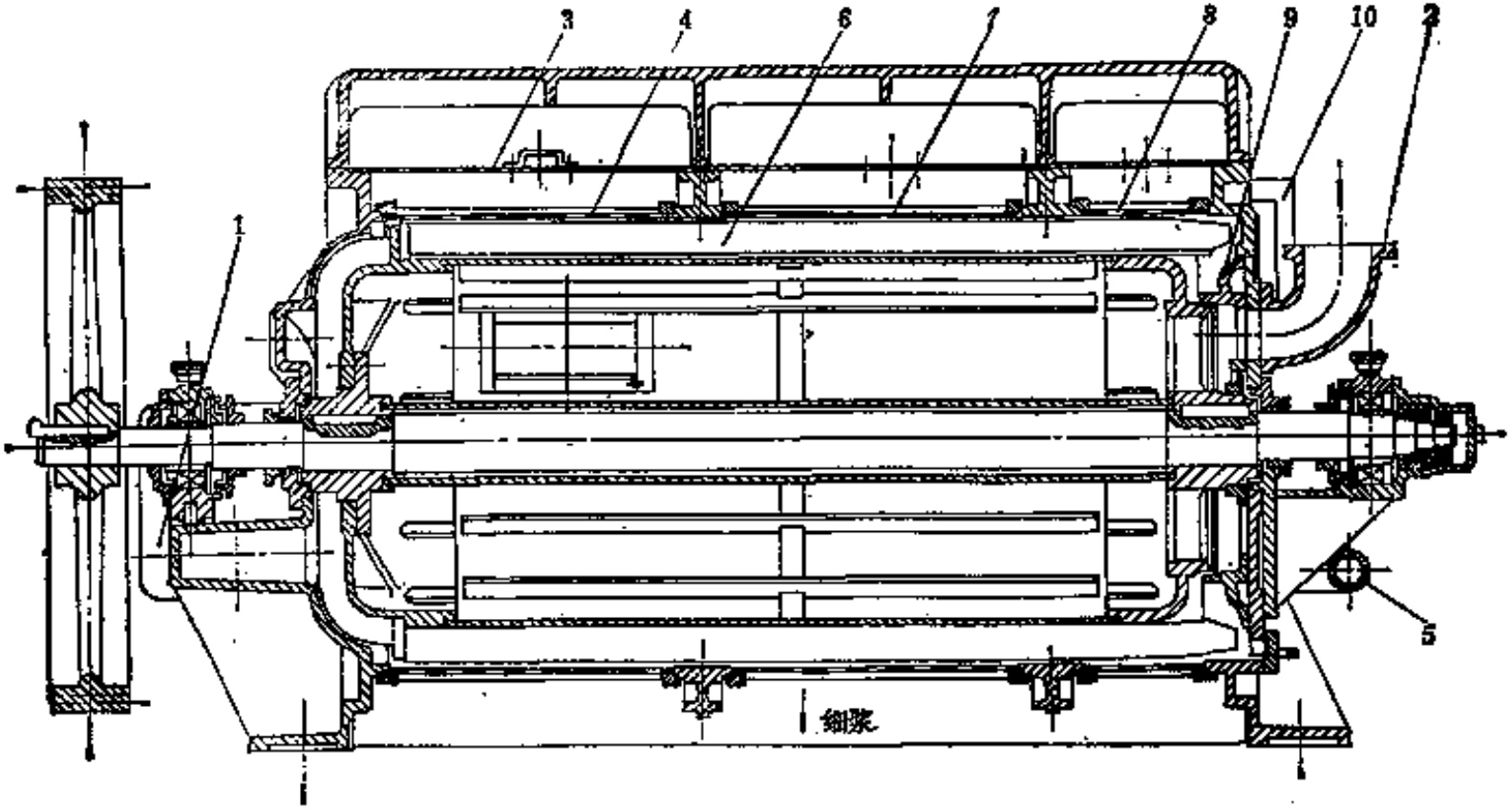


图3-2-17　B型离心式筛浆机

1—进浆口　2—白水管　3—外壳　4—第一区筛鼓　5—清水管
6—转子　7—第二区筛鼓　8—第三区筛鼓　9—喷水圈　10—粗浆出口

3. 工艺条件及技术经济指标

表8-2-38 B型离心筛筛选的工艺条件

浆种	筛孔（毫米）			浓度（%）			粗渣率
	Ⅰ区	Ⅱ区	Ⅲ区	进浆	良浆	尾浆	（%）
硫酸盐木浆	3.0～2.0	2.8～1.8	2.6～1.6	0.5～2.5	0.4～1.5	0.8～2.0	2～3
亚硫酸盐木浆	1.8～1.4	1.6～1.3	1.4～1.2	0.5～2.0	0.4～1.5	0.8～1.5	2～3
苇浆	2.6～1.6	2.4～1.4	2.2～1.2	0.8～2.5	0.6～2.0	1～2	1～2
稻麦草浆	1.8～1.4	1.6～1.2	1.4～1.0	0.8～1.2	0.6～1.0	1.0～1.4	0.6～1.5
龙须浆	2.0～1.6	1.8～1.4	1.6～1.2	0.6～1.2	0.5～1.0	0.8～1.4	1.0～1.5

表8-2-39 B型离心筛的技术经济指标

型号	筛板面积（米²）	单位筛板面积日产量（吨/米²）	单位日产量设备重量（公斤/吨）	电机功率（千瓦/吨浆）
SLB-5	5	4.0	136	1.4
SLB-6.8	6.8	5.2	113	1.4
SLB-8.6	8.6	6.4	97	1.0

4. 影响筛选效率及质量的因素

(1) 各区浓度及其与筛选效率的关系：表8-2-40为三区筛孔分ϕ1.8毫米、ϕ1.6毫米、ϕ1.4毫米的筛选情况。纸浆硬度40(高锰酸钾值)。可以看出B型离心筛以第一区筛选效率最高，越往后效率越低。

表8-2-40B型离心筛各区浓度及其筛选效率

	进筛时	Ⅰ区后	Ⅱ区后	Ⅲ区后	全部
浓度(%)	0.54	0.39	0.69	0.14	0.36
尘埃点(个数/米²)	4480	1956	2624	8992	2320
筛选效率(%)	-	56.3	41.4	10.9	48.2

(2) 进浆量和尘埃的关系

表8-2-41 进浆量与尘埃的关系

进浆量(米³)	75	80	85	90	95
尘埃(个数/米²)	6080	5056	4928	4288	4480

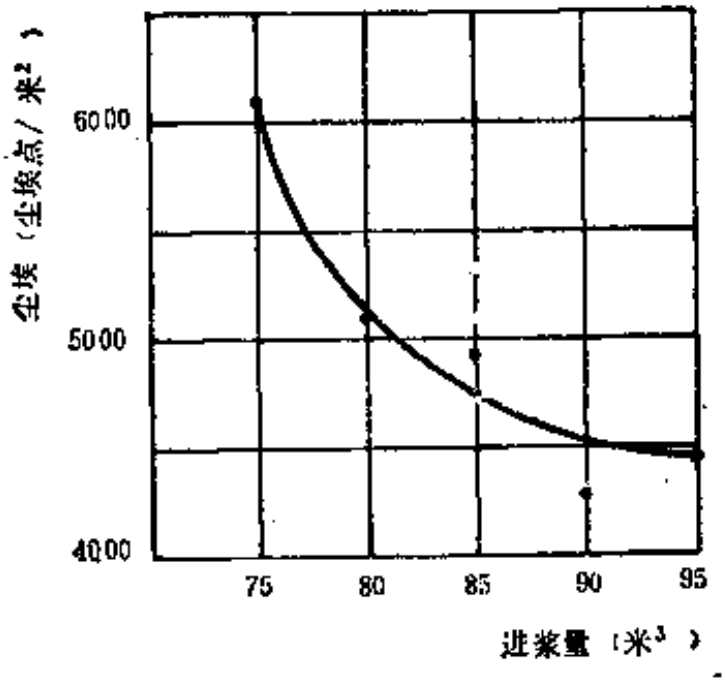


图8-2-1x B型筛进浆量与尘埃的关系

(3) 进浆浓度和尘埃的关系

表8-2-42 B型筛进浆浓度和尘埃的关系

进浆浓度(%)	0.74	0.64	0.60
尘埃度(个/米²)	4000	4320	6784

当浓度由0.5%提高到0.74%时，尘埃显著减少。但减少速

率很不一样。因此为了提高B型离心筛的筛选质量，除了要满负荷运转外，还要选择适当的浓度。

（七）C型离心式筛浆机

1. 概述

C型离心式筛浆机是寇文(Cowan)筛等几种同类型筛的统称。老式的C型筛，如印普柯(Impco)筛、柜劳(Quiller)筛、华德鲁(Waterous)筛的共同特点是：

(1) 稀释水管由排渣端墙板上伸入筛鼓内，稀释水区只占整个筛区的$\frac{1}{2}$～$\frac{1}{3}$。

(2) 筛鼓直径较大，电耗高。

(3) 转子是铸铁的，叶片形状多样，结构复杂笨重。

寇文筛就是为克服老式C型筛的这些缺点，改进而成。

寇文筛由筛鼓和带有10个叶片的转子以及在转子的2/3～1/2

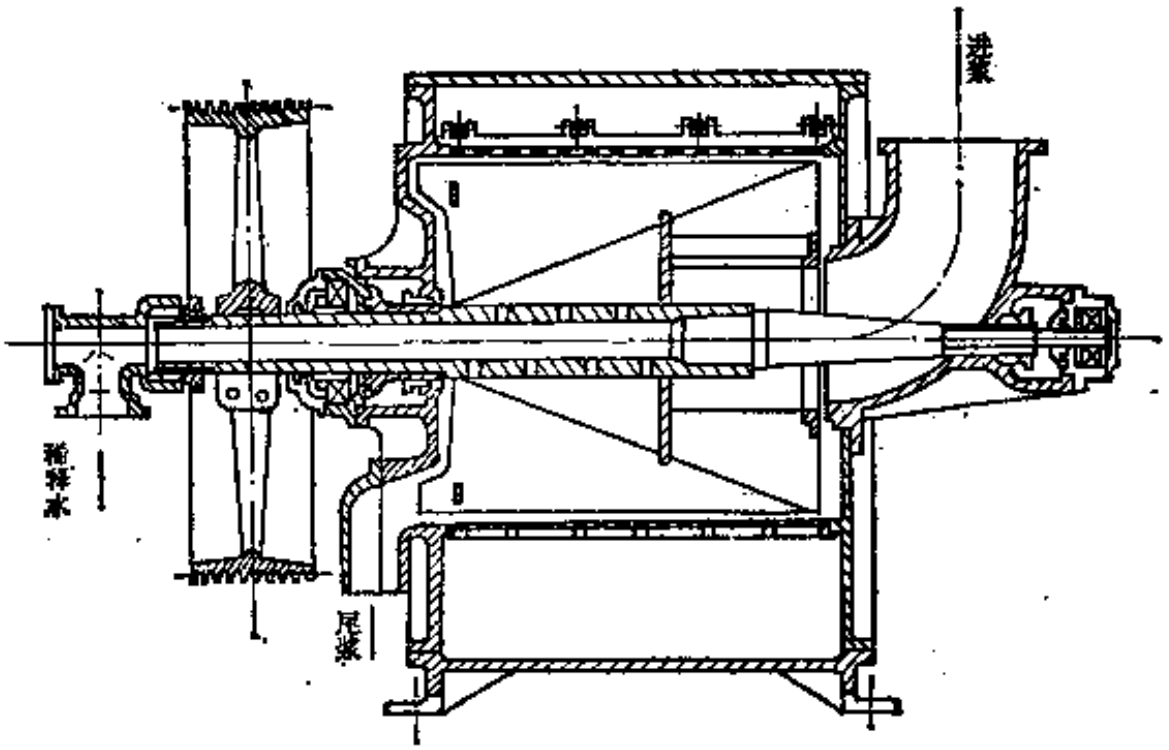


图8-2-19 C型离心式筛浆机(寇文筛)

处有一块圆盘形挡板组成。稀释水管经转轴中心向外喷射。

C型离心筛较A型离心筛和B型离心筛的单位筛板面积产量高，对浆料适应性大，动力消耗低，筛选效率高。

2. C型离心式筛浆机的型号和规格

表8-2-43 C型筛的型号和规格

型号	图号	筛鼓尺寸（毫米）	筛选面积（米²）	功率（千瓦）	设备重量（公斤）	注
SLC-2.5	QZ1474	ϕ1000×800	2.50	20	2140	CS I型
SLC-3.5	QZ148	ϕ1030×1160	3.75	75	3070	Cowan型
SLC-1.5	QZ1442	ϕ784×600	1.48	10	1280	Waterous型
SLC-2.8	QZ1469	ϕ1044×864	2.80	40	2260	Quiller型

表8-2-44 几种C型离心筛的区别

图号或资料号	QZ 1442	QZ 148	参 3674
型号（或型式）	SLC-1.5（华德鲁型）	SLC-3.5（瑞文型）	（苏联寇文型）
转子规格（毫米）	ϕ740×660	ϕ1030×1160	ϕ980×1160
叶片数量及形状	6片平板形	10片平板折角	10片平板
叶片倾斜角度	0°	4.5°	6°
I区（进浆筛选）长度（毫米）	492	458	600及500
II区（冲稀再选）长度（毫米）	168	702	560及660
I/II两区长度比值	2.92	0.655	1.07及0.76
转子重量（公斤）	216	378	
转速（转/分）	250～300	240	225～300
线速（米/秒）	9.7～11.6	13.1	11.5～15.4
电机容量（千瓦）	10	65	80
喷水口尺寸（毫米）	2孔ϕ11	35孔ϕ3	130孔ϕ8
喷水口面积（厘米²）	1.9	316	65.4
转子形状图	图8-2-20（1）	图8-2-20（2）	图8-2-20（3）

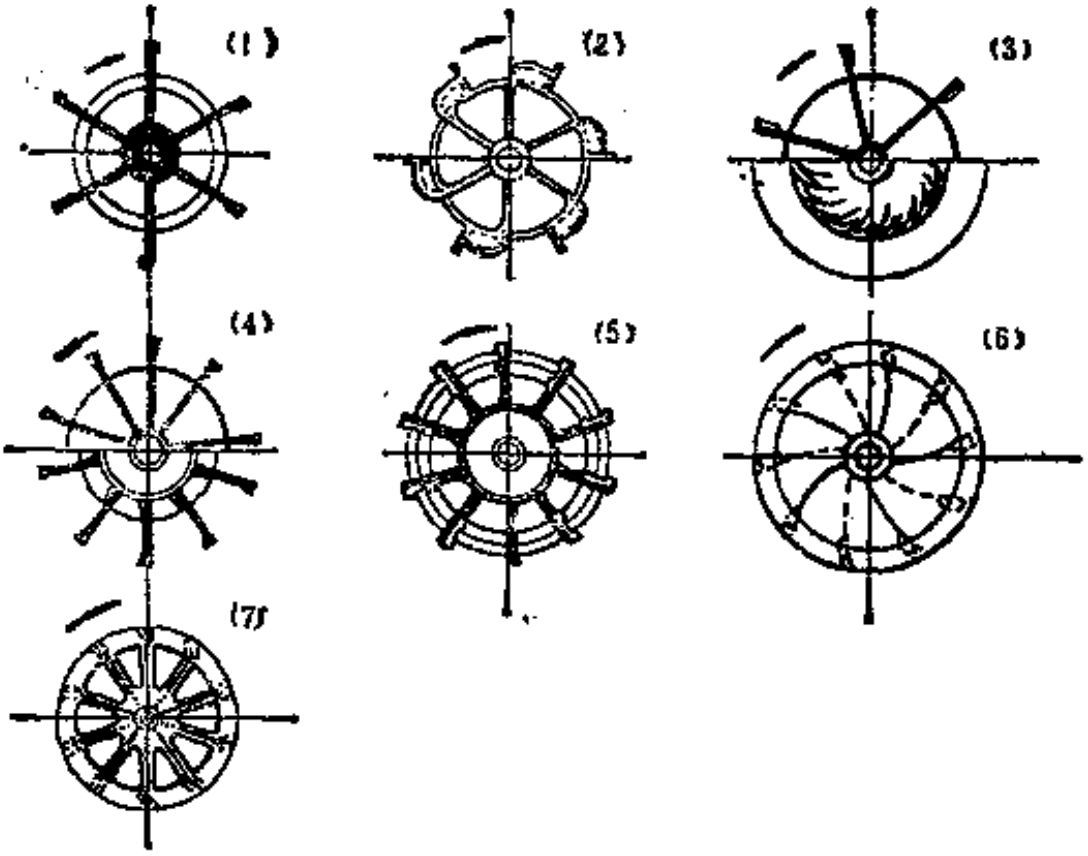


图8-2-20　C型离心筛转子形状

3．工艺条件及技术经济指标

表8-2-45　瘪文筛的筛选工艺条件

浆　种	生产能力（吨/日）	筛孔（毫米）		浓　度　（%）		喷水量与进浆量比（%）
		前段	后段	进　浆	良　浆	
硫酸盐水浆	100～200	2.15	1.8	1.0～1.35	0.65～0.9	25～30
亚硫酸盐水浆	65～90	1.4	1.14	0.35～0.65	0.25～0.5	20～25
机械水浆	100～150	1.65	1.4	0.55～0.8	0.45～0.6	20～25

表8-2-46　老式C型筛的筛选工艺条件

浆　种	筛孔(毫米)	浓　度　(%)			粗渣率 (%)
		进　浆	良　浆	尾　浆	
硫酸盐水浆	φ1.6～3.0	0.4～1.2	0.3～0.8	2～2.5	3～5
机械木浆	φ1～1.6	0.6～1.2	0.5～1.0	2～2.5	4～7
苇　浆	φ1.6～2.5	0.6～0.8	0.4～0.7	1～2	4～6
稻麦草浆	φ1.0～1.6	0.6～1.2	0.5～1.0	1～2	2～4
蔗渣浆	φ0.8～1.2	0.4～1.0	0.3～0.8	1～1.5	2～4

表 8-2-47　C型的技术经济指标

型　号	单位筛板面积日产量(吨/米²)	单位日产量设备重量（公斤/吨）	电机功率 (千瓦/吨浆)
意文筛	50	15.3	0.38
老式C型筛	20～30	35～40	0.7～0.8

4．动力、稀释水量和粗渣率的理论计算

(1) 动力

$$kW = \frac{g d^2 N^2}{1703.17}$$

式中　kW——动力(千瓦)

g——流量(米³/分)

d——转子外径(米)

N——转数(转/分)

$$Hp = \frac{G D^2 N^2}{557 \times 10^7}$$

式中　Hp——动力(马力)

G——流量(美加仑/分)

D——转子外径(英寸)

N——转数(转/分)

(2) 稀释水量

$$Q=\frac{a\left(\frac{1}{z}-\frac{1}{x}\right)+100\left(\frac{1}{y}-\frac{1}{z}\right)}{1590.4}$$（米³/吨绝干浆·日）

式中 z——尾浆浓度

x——进浆浓度

y——良浆浓度

a——良浆量占进浆量的百分数，a值由下式计算：

$$a=100\times\frac{Sr-Se}{Sr-Sa}(\%)$$

Sr为尾浆中粗渣%，Sa是良浆中粗渣%，Se进浆中粗渣%。

(3) 粗渣率y_s(相对值)

$$y_s=100-\frac{Sr(Se+Sa)}{Se(Sr-Sa)}(\%)$$

5. 影响C型筛效率的因素

(1) 转速：图8-2-21表明，对机械木浆或亚硫酸盐木浆来

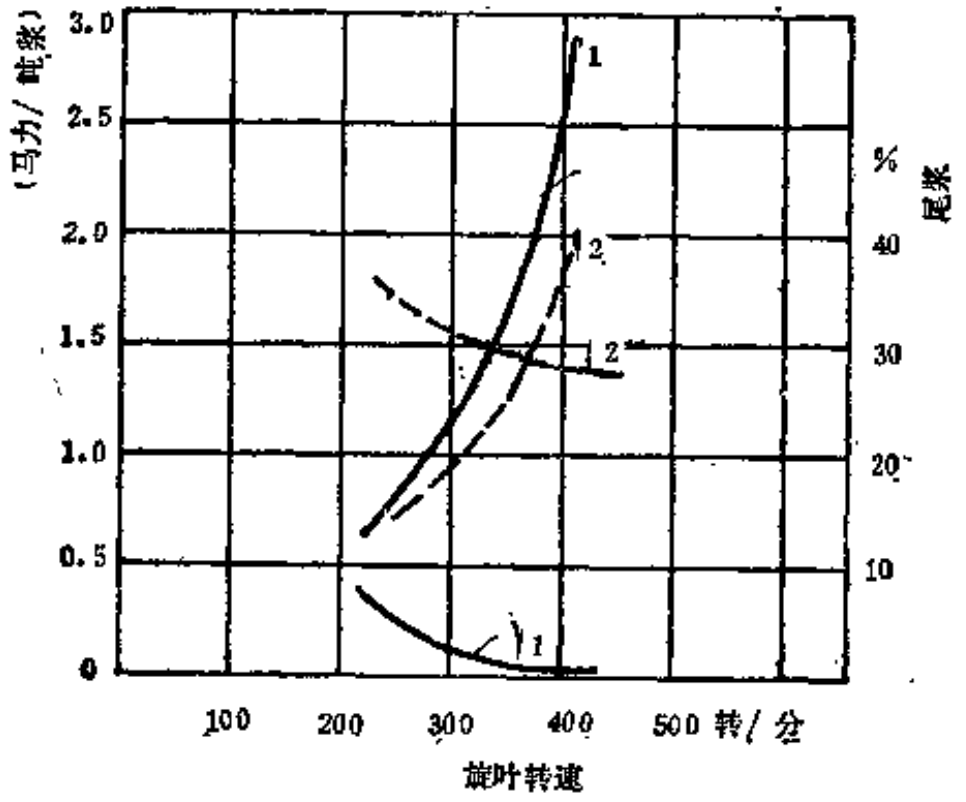


图8-2-21 转速和尾浆量的关系

1-磨木浆 2-亚硫酸盐木浆

说，提高转速，尾浆量有所减少。但转速高到一定值时，尾浆量减少缓慢，而此时动力消耗剧增。

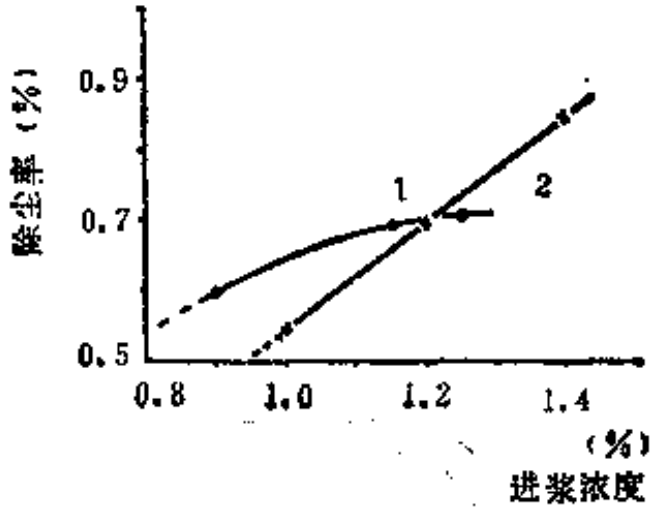


图8-2-22　提高转速前后的比较

1-提高转速前　　2-提高转速后

提高转速，可提高进浆浓度，并获得较高的筛选效率。转速高的寇文筛筛选效率可达80～85%，而一般只有65～70%。

（2）进浆量

表8-2-48　进浆量和动力消耗、浓度的关系

进浆浓度（%）	0.18	0.24	0.38
进浆量(吨/日)	18	—	39
电机功率(千瓦/吨浆)	2.43	1.98	1.18
(马力/吨浆)	(3.3)	(2.7)	(1.6)
尾浆量(吨/日)	5.7	—	11.9

6．操作注意事项

（1）必须配有足够容积的流浆箱和适当的阀门。流浆箱浆料流速不应超过0.6米/秒，溢流量保持在总进浆量的10～15%。

（2）必须有足够浆位差，一般要0.9～2.1米。

（3）稀释水量应控制适当，并保持一定压力。一般稀释水量

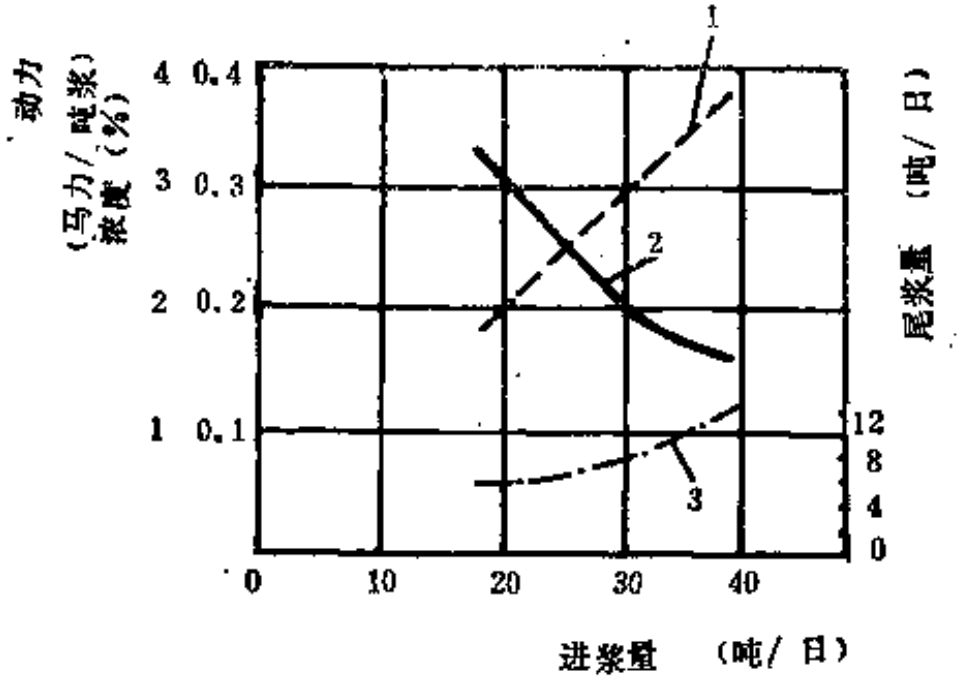


图8-2-23 进浆量和动力消耗、浓度的关系

筛孔φ1.65毫米(0.065英寸)，转速388转/分

1-浓度 2-动力消耗 3-尾浆量

为进浆量的 20～30%。筛选针叶木浆时，水压0.56～0.85公斤/厘米^2。筛选阔叶木浆时，水压在0.21～0.36公斤/厘米^2。

（八）CX型离心式筛浆机

1. 概述

CX型离心式筛是在寇文筛基础上发展的。特别是吸收了其他离心筛特点，在原有基础上又改进和提高了一步的ZSL_{1-4}型离心筛，具有生产能力大、筛选效率高、电耗低、结构紧凑、占地面积小、拆洗检修方便等优点。

CX筛的结构特点是转子由寇文筛的两个筛选区发展成三个区，稀释水管由寇文筛的一根改为两根，分别由空心主轴两侧进入第二及第三筛选区，转子叶片带有夹层，稀释水直接经夹层喷到筛鼓圆周上。

CX筛和KX筛的结构差异：

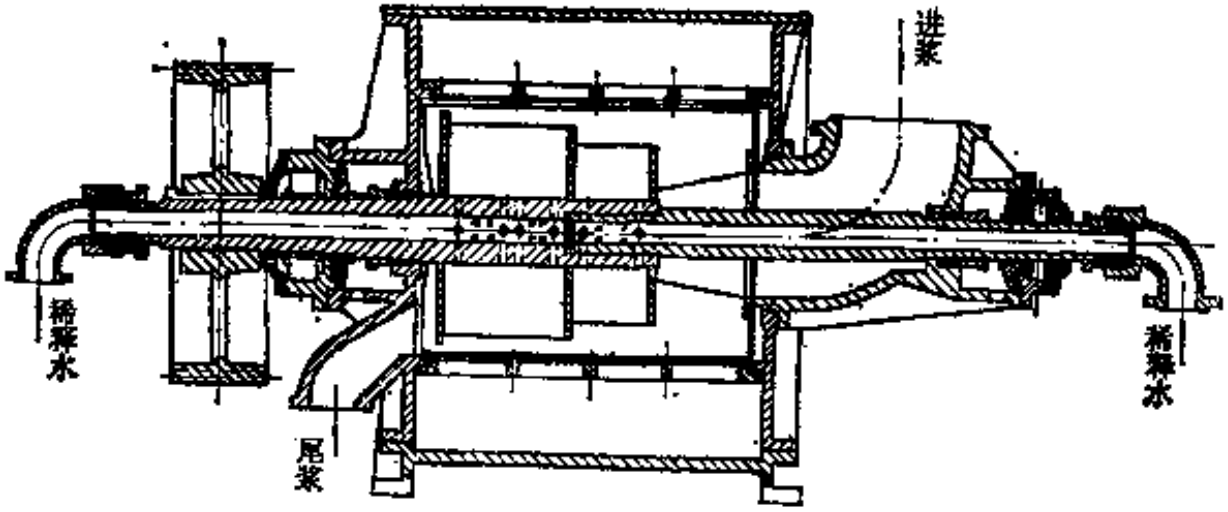


图8-2-24　CX型离心筛浆机

(1) CX筛主轴采用两段无缝钢管套焊。并以此作为两侧进稀释水管的断面。比KX筛节省一段实心钢轴，重量减轻，焊接容易。

(2) 第二、三两个筛选区的稀释水喷水孔，可以按照实际生产需要重新分配。而进浆浓度较大的浆第一筛选区也有喷水孔。

(3) 提高了转速，适用于草类浆及打浆度较高浆料的筛选。

2. 从CX筛到ZSL_{1-4}离心筛的改进

CX筛的效果是好的，但也还存在一些问题：

(1) 叶片容易挂浆；

(2) 在叶片之间会积存粗渣，要定期清洗；

(3) 初期产品，转速较低，排渣口较小，限制了生产能力的发挥，又容易糊筛板。

ZSL_{1-4}筛是在C_x筛基础上，吸收了B型离心筛特点改进而成，主要特点是：

(1) 转子全长分三个筛选区，稀释水由空心轴两头分别进入第二、三区。靠近尾浆排出端，叶片插进墙板的凹槽内。

(2) 两挡板之间(第二、三区)，将两夹层叶片之间的内圈封闭。

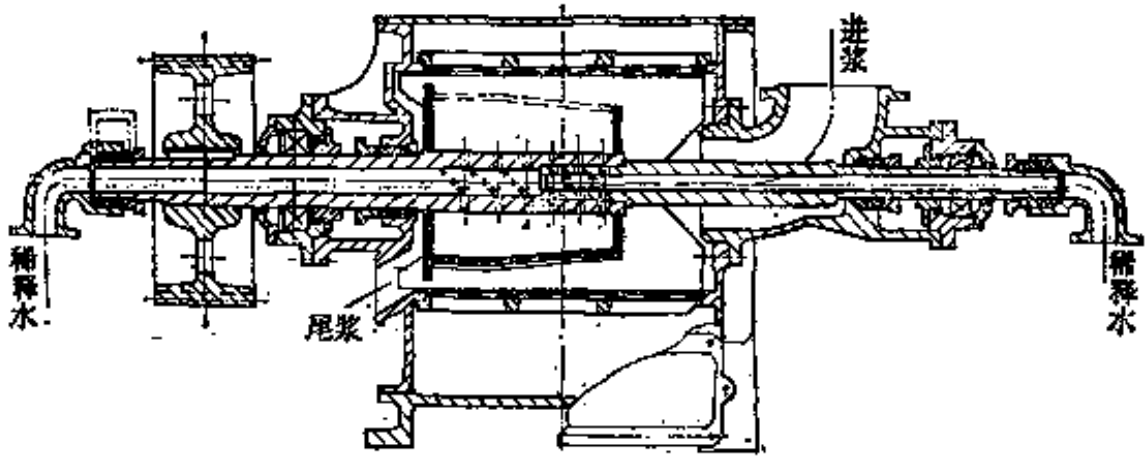


图8-2-25 ZSL_{1-4}型离心筛

表8-2-49 ZSL1-4 型 离 心 筛

型号 / 规格	ZSL_1	ZSL_2	ZSL_3	ZSL_4	ZSL_4F
公称筛选面积(米²)	0.5	0.9	1.6	2.4	
筛鼓规格(毫米)	ϕ340×470	ϕ475×600	ϕ635×800	ϕ747×1065	
转子规格(毫米)	ϕ324×510	ϕ455×655	ϕ610×865	ϕ718×1130	
转子转数(转/分)	750	570	485	450	
叶片数	6	8	8		
筛孔直径(毫米)	1.2～3.4	1.2～3.4	1.2～3.4	1.2～3.4	
进浆浓度(%)	0.8～3.0	0.8～3.0	0.8～3.0	0.8～3.0	
出浆浓度(%)	0.6～1.5	0.6～1.5	0.6～1.5	0.6～1.5	
电动机(1台)	JO_3-140S-4	JO_3-180L-6	JO_3-225S-6	JO_3-280S-6	
功率(千瓦)	7.5	22	40	75	
设备重量(不包括电机)(公斤)	420	1035	1815	2845	
外形尺寸(长×宽×高)(毫米)	2063×620×720	2500×950×900	3050×1200×1265	3590×1480×1460	
筒门前稀释水压力(公斤/厘米²)	0.5～1.5	0.5～1.5	0.5～1.5	0.5～1.5	
产量(风干浆吨/日)	10～15	20～30	40～60	100～150	

3. Cx筛的工艺条件及技术经济指标

表8-2-50　　CX型筛筛选的工艺条件

浆　种	筛孔(毫米)	进浆浓度(%)	良浆浓度(%)	尾浆浓度(%)	粗渣率(%)
硫酸盐木浆	φ1.8～3	1～1.8	0.6～1.2	1.5～2.5	2～4
亚硫酸盐木浆	φ1.6～2.8	0.8～1.5	0.6～1.0	1～1.5	2～5
机械木浆	φ1.2～2.2	0.8～1.5	0.6～1.0	1.2～2	2～4
苇　浆	φ1～2	0.8～2	0.6～1.5	1～2	2～4
稻麦草浆	φ1～1.8	0.6～1.6	0.5～1.0	1～1.8	4～6
甘蔗渣浆	φ1～1.6	0.6～1.2	0.5～1.0	1～1.8	4～6

表8-2-51　　CX型筛的技术经济指标

名　称	单位筛板面积的产量(吨/米²)	单位日产量的设备重量（公斤/吨）	电机功率(千瓦/吨浆)
Cx型离心筛	35～45	15～25	0.5～0.7

4. 影响CX筛筛选效率的因素

(1) 浓度

表8-2-52　　浓度对CX筛筛选效率的影响

浆　种	稻草浆（筛孔φ1.2）			稻麦草浆（筛孔φ1.5）		
进浆浓度(%)	2.08	2.4	3.15	2.88	3.07	3.2
筛选效率(%)	96.1	97.1	98.5	97.7	98.2	98.8

注：用1.6米²Cx筛，在450转/分下测定的数据。

表8-2-53　CX筛筛选亚硫酸盐木浆时浓度与筛选效率的关系

进浆浓度（%）	1.0	1.2	1.23	1.42	1.6
进浆尘埃(毫米²/500克)	9500	9500	9500	9500	9500
良浆尘埃(毫米²/500克)	2800	2500	2000	2950	3140
筛选效率(%)	70.6	73.6	79	69	67
产量(吨/时)	4.59	4.60	4.0	4.0	3.0

注：用1.6米²C_x筛，筛孔φ1.7毫米。

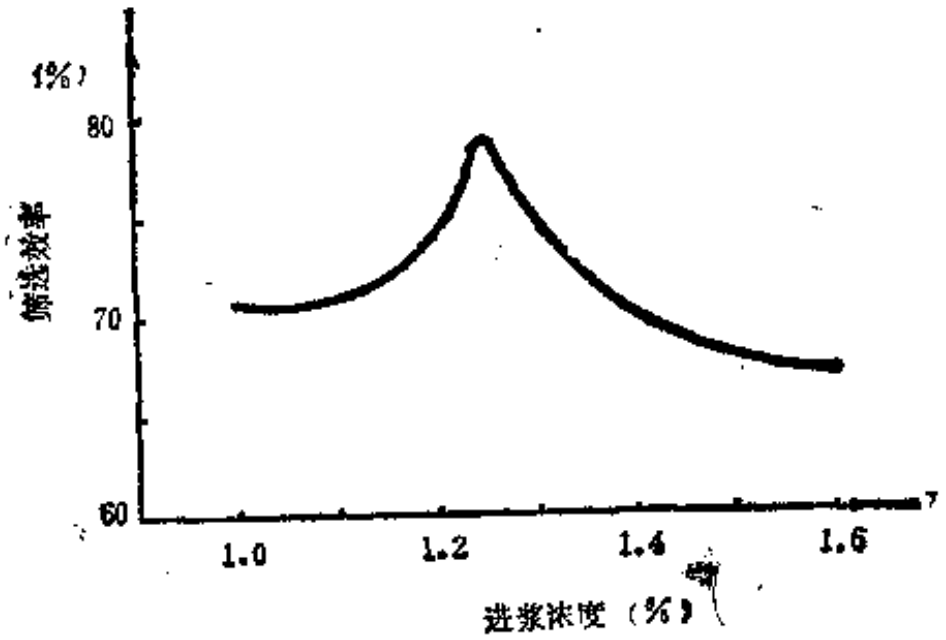


图8-2-26　亚硫酸盐木浆浓度与筛选效率关系

（2）进浆量

表8-2-54　进浆量对筛选效率、电耗的影响

进浆量（米²/时）	电流（安）	电耗（度/吨浆）	产量（吨/时）	进浆浓度（%）	尾浆比率（%）	筛选效率（%）
361	60	7.25	4.35	1.23	2.02	72
380.2	70	8.05	4.59	1.23	2.12	77
481	80	7.25	5.8	1.23	1.91	81

注：筛选亚硫酸盐木浆，进浆浓度1.23%。

（3）良浆浓度

表8-2-55　良浆浓度与CX筛筛选效率的关系

进浆浓度（%）	良浆浓度（%）	产量（吨/小时）	电流（安）	稀释水量（米³/吨浆）	筛选效率（%）
0.8%	0.35	1.55	60	160	57.5
0.8%	0.50	2.55	70	76	60
0.8%	0.58	3.60	80	46	73

注：1.6米²CX筛，筛孔 ϕ1.7毫米，筛选亚硫酸盐木浆，进浆浓度0.8%。

5．使用CX筛应注意事项

（1）CX筛必须在满负荷下筛选，并要有足够容积稳浆箱，浆

位保持在1.2～2.4米静压头。

（2）稀释水可以用白水或清水。当进浆浓度1％左右时，稀释水量约为进浆量的20～30％。进浆浓度2～3％时，稀释水量为进浆量的100％。水压控制在0.5～1.5公斤/厘米²。

（3）筛孔的选择

表8-2-56　筛孔系列及其与纤维平均长度的关系

d	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	纤维平均长度（毫米）
t	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5								1～1.5
B	17.9	21.1	24.1	27	29.6								
t		3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6					1.5～2
B		15.4	17.9	20.3	22.6	25	27	29					
t			4.1	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	2～2.5
B			13.8	15.9	17.9	19.9	21.7	23.5	25.3	27.0	28.5	30	
t				4.8	5	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	2.5～3
B				12.7	14.5	16.2	17.9	19.6	21.1	22.6	24.1	25.6	
t					5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	3～3.5
B					12	13.5	15	16.5	17.9	19.3	20.6	22	

注：粗线条内的尺寸为优先选用范围；开孔率 $B=0.906\left(\frac{d}{t}\right)^2(\%)$；

表内d：筛孔直径（毫米）　t：筛孔中心距（毫米）　B：筛板开孔率（%）

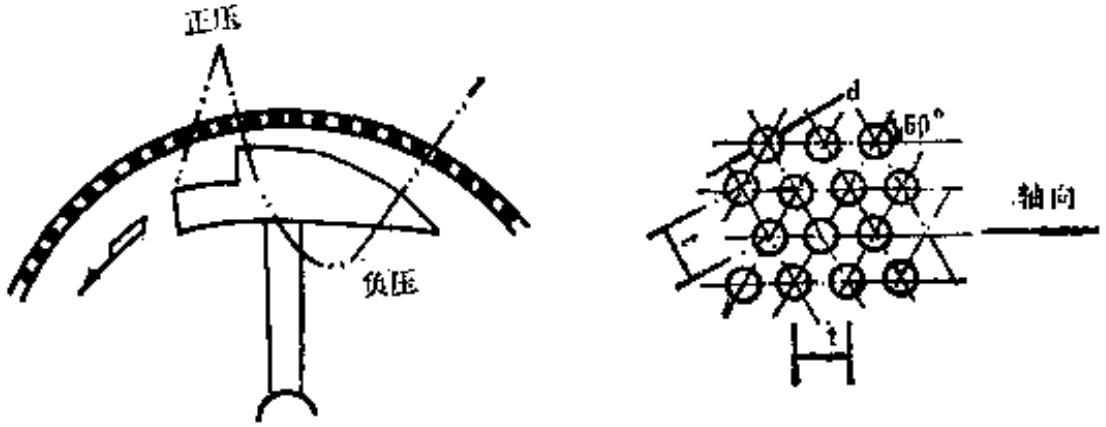
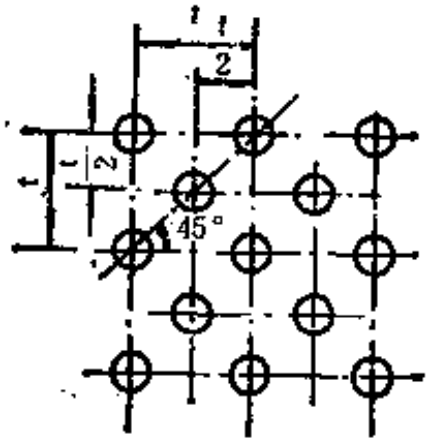
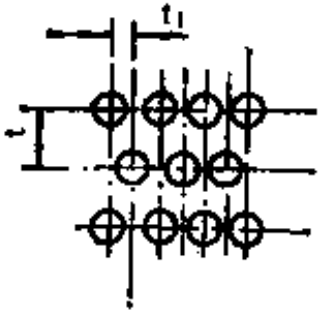


图8-2-27筛孔的排列和形状





$t_1 = 0.5\,t$

$t_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}\,t$

$t_1 = t$

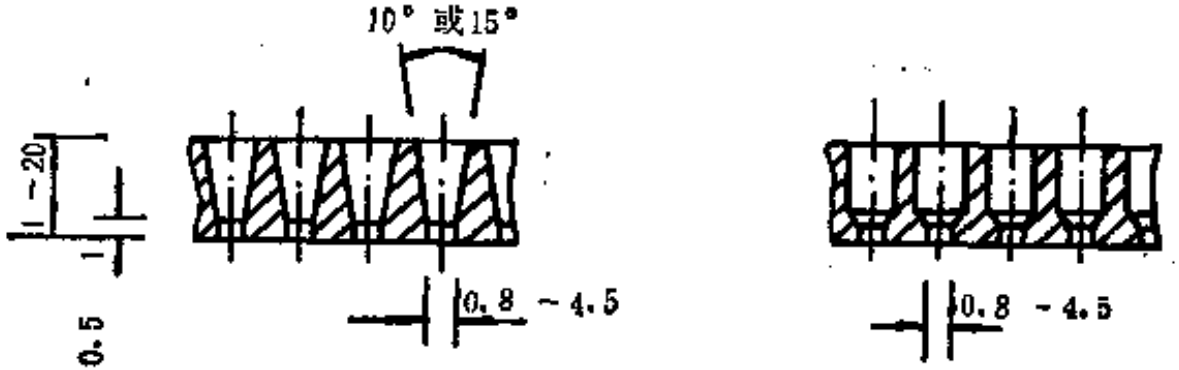


图8-2-28　筛孔的其他排列和形状

（九）KX型离心式筛浆机

K_x型离心筛也是在寇文筛基础上，经过K型筛的中间阶段发展起来的一种新型筛，目前仍广泛使用，筛选浓度可达3％，效率可超过80％。

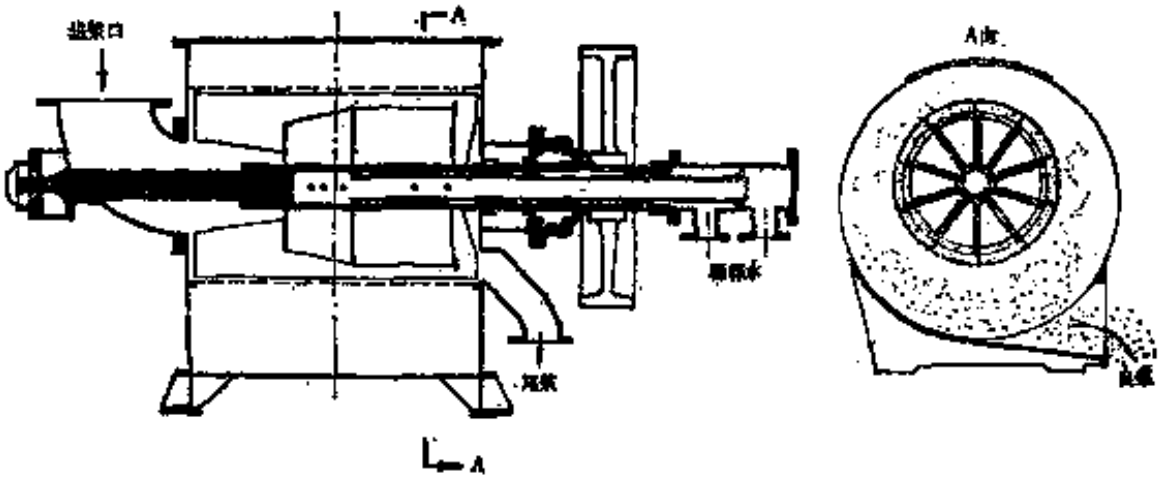


图8-2-29　KX型离心筛

表8-2-57　　KX型离心筛的格规

型号	筛鼓直径（毫米）	筛鼓长度（毫米）	外壳外径（毫米）	进浆管径（毫米）	良浆出口（毫米）	转速（转/分）	通过量（米³/分）	电机功率（千瓦）	重量（公斤）
K_x-100	450	650	710	200	600×150	560	23	17	1000
K_x-300	600	880	985	300	890×210		68		1450
K_x-400	750	1100	1345	350	1120×330	360	90	76	2000

表8-2-58　　KX—400型离心筛的筛浆性能

浆种	筛孔（毫米）	进浆浓度（%）	稀释水压（公斤/厘米²）	生产能力（吨/日）	动力消耗（千瓦）
阔叶木未漂硫酸盐浆	ϕ1.1～1.5	1.5～3.0	0.21～0.36	200～600	55.1～73.5
针叶木未漂硫酸盐浆	ϕ1.8～2.5	1.4～2.0	0.56～0.85	150～300	55.1～73.5
机械木浆	ϕ1.3～1.8	1.0～1.5		100～225	55.1～73.5

（十）压　力　筛

1．概述

压力筛是从A型离心筛发展来的，属于通过式。所不同的是

管路密封，采用压力进浆。

近十几年压力筛发展很快，已生产多种型式。

国内仍以单鼓外流式为主，叶片断面似机翼，所以又称旋翼筛。筛翼如图8-2-30所示。旋翼筛(立式离心筛)主要用于造纸前的浆料精造。但也逐步扩大用于制浆过程。

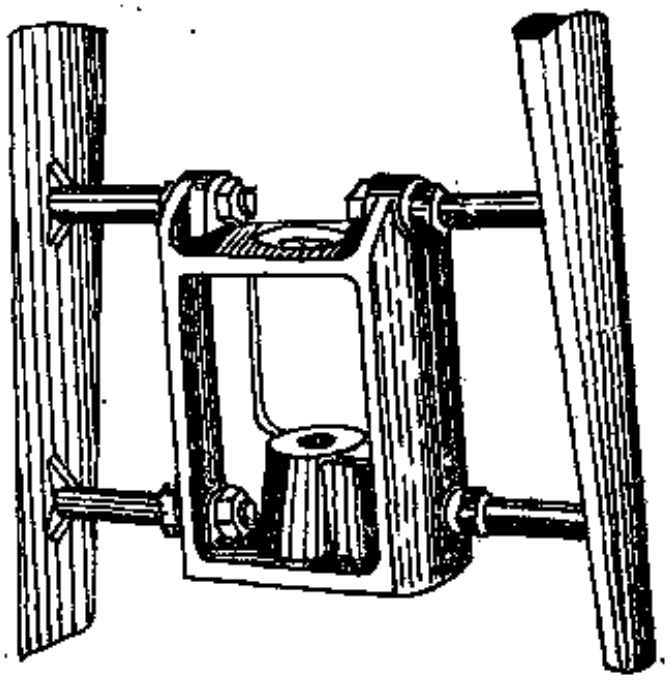


图8-2-30 旋翼

2. 旋翼筛

表8-2-59 国内曾使用的旋翼筛的规格

型号	ZSL 11	ZSL 12	ZSL 13
筛鼓规格（毫米）	ϕ300×320	ϕ400×450	ϕ600×620
筛鼓面积（米²）	0.3	0.56	1.17
旋翼转数（转/分）	740	547	365
旋翼个数（个）	2	2	2
进浆管口（毫米）	ϕ150	ϕ165	ϕ296
出浆管口（毫米）	ϕ120	ϕ165	ϕ296
外形尺寸(长×宽×高)（毫米）	1535×920×1260	1425×970×1445	1900×1320×1980
重量（公斤）	1100	1300	2000
电动机型号	$JO_3$140S-6/L_3	$JO_3$140M-6/L_4	$JO_3$160M-6/L_3
功率（千瓦）	5.5	7.5	15
能力(绝干浆)（吨/日）	3～5	8～12	20～25
被取代图号	DFH691	DFH692	DFH694

表8-2-60　　ZSL系列旋翼筛规格

项目 \ 号型	ZSL14	ZSL12	ZSL13	ZSL15
1. 生产能力(吨/日)(绝干浆)	10～15	8～12	20～25	20～30
2. 筛鼓规格(毫米)	φ400×450	φ400×450	φ600×620	φ600×620
3. 旋翼转速(转/分)	543	543	365	362
4. 筛孔规格(毫米)	φ1.6～φ2.4锥孔	φ1.2～φ2.4	φ1.6～φ2.4	φ1.6～φ2.4锥孔
5. 进浆管(毫米)	φ165	φ165	φ296	φ296
6. 出浆管(毫米)	φ165	φ165	φ296	φ296
7. 电动机(1台)	JO_2-140M-6/L_3，7.5千瓦	JO_2-140M-6/L_3，7.5千瓦	JO_2-160M-6/L_3，15千瓦	JO_2-160M-6/L_3，15千瓦
8. 外形尺寸(毫米)	1565×970×1442	1425×970×1445	1900×1320×1980	1765×1585×1980
9. 重　量(公斤)	1100	1300	2000	2150

3. 压力筛的使用实例

(1) 机械木浆(马尾松)

设备：ZSL_{13}旋翼筛

转速325转/分，13千瓦，筛孔φ1.6毫米。

表8-2-61　　筛选筛筛选机械木浆的工艺条件

进浆浓度(%)	良浆浓度(%)	粗渣浓度(%)	进浆压力(公斤/厘米²)	进浆与良浆压力差(公斤/厘米²)	粗渣量(占进浆量%)	生产能力(吨/日)
0.8～1.2	0.7～1.1	0.9～1.5	0.3～0.5	0.1～0.15	12～15	25～35

(2)木片磨木浆(东北白松、杨木)

设备：400型旋筒式外流压力筛

旋筒转速1056转/分，75千瓦，锥形筛孔φ1.8/φ2.2毫米，凸头顶部距筛鼓8毫米。

表8-2-62　　压力筛筛选木片磨木浆的工艺条件

进浆浓度（%）	良浆浓度（%）	粗渣浓度（%）	进浆压力（公斤/厘米²）	稀释水量（升/分）	粗渣量（占进浆量%）	生产能力（吨/日）
1.4～1.8	1.1～1.5	2.0～2.5	2～2.2	0～100		75

（3）碱法稻麦草浆

设备：ZSL_{13}旋翼筛

转速325转/分，筛孔φ1.2毫米，自动排渣2分2秒/次。

表8-2-63　　旋翼筛筛选碱法稻麦草浆的工艺条件

进浆浓度（%）	良浆浓度（%）	进浆尘埃（个/100克浆）	出浆尘埃（个/100克浆）	筛选效率（%）	筛渣损失率（%）	生产能力（吨/日）
～1.0	～0.9	700	400	42.9	1.36	43.2～52.8

（4）碱法竹壳浆

设备：ZSL_{12}旋翼筛，转速547转/分，筛孔φ1.6～18毫米。

表8-2-64　　旋翼筛筛选碱法竹壳浆的工艺条件

进浆浓度（%）	良浆浓度（%）	进浆压力（公斤/厘米²）	良浆压力（公斤/厘米²）	筛选效率（%）	尾浆率（%）	生产能力（吨/日）
0.9～1.0	0.7～0.9	0.35～0.4	0.05～0.1	75	4～6	25～30

（5）碱法龙须草浆

设备：ZSL_{13}旋翼筛，电机15千瓦，筛孔φ1.8毫米。

工艺条件：进浆浓度0.5%，良浆浓度0.44%，生产能力20～25吨绝干浆/日

4．制浆系统使用旋翼筛的工艺条件

表8-2-65　　使用旋翼筛的工艺条件

浆种	进浆浓度（%）	进浆压力（公斤/厘米²）	压力差（公斤/厘米²）	尾浆量（占进浆量%）
洗浆前硫酸盐木浆	1.5～2.0	0.5～4	0.05～0.5	15～25
洗浆后硫酸盐木浆	1～1.5	0.3～3.5	0.1～0.3	15～20
亚硫酸盐木浆	1～1.5	0.3～3	0.1～0.3	15～20
机械木浆	1.3～1.6	0.3～2	0.1～0.25	15～25

5．筛选时的加水装置

由于制浆系统筛选时的浓度较高，在同样压差下，比浓度低的造纸纸料难以通过筛孔，而且粗渣浓度高，难以排出，因此增添了稀释水装置。一般单鼓旋翼筛可在旋筛下方设环形喷水管。但水只能加在筛选过程的后半部，起洗涤和冲稀粗渣的作用。

有的旋翼筛-如24—P型，带有环形喷水管。旋筒式压力筛用条状加水盒，用橡胶垫封边，压在筛鼓上，要求稀释水压较高。

6．影响旋翼筛筛选效率的因素

（1）浓度与生产能力和筛选效率的关系

见表8-2-66、图8-2-31。

表8-2-66　　浓度与生产能力和筛选效率的关系

进浆浓度（%）	1.24		1.10		1.0		0.78	
生产能力（吨绝干/日）	10.86	11.65	10.28	9.71	8.84	8.97	6.94	6.29
尾浆率（%）	0.32	5.0	0.75	3.7	0.64	3.3	0.76	3.30
筛选效率（%）	37	45	49	55	54	60	46	52
尾浆中含纤维率（%）	28		35		—		21	

表8-2-67　　浓度对筛选效率的影响

进浆浓度（%）	进浆压力（公斤/厘米²）	良浆压力（公斤/厘米²）	筛选效率（%）	尾浆率（%）	尾浆粗渣率（%）	生产能力（吨/日）
0.8	0.35～0.4	0.05～0.1	74	5.3	1.2	26
1.1	0.35～0.4	0.05～0.1	82.8	5.0	2.3	35
1.2	0.35～0.4	0.05～0.1	82.1	5.0	2.3	38
1.4	0.35～0.4	0.05～0.1	84.2	5.8	1.1	42

注：竹壳浆（高锰酸钾值12.5），筛孔直径1.8毫米，鼓翼间隙1.25毫米，旋翼负荷9～9.5安。

随着进浆浓度的提高，生产能力相应增大。但筛选效率开始上升，而后下降。因为浓度超过一定范围后，浆料通过筛孔的阻力增加，部分浆料来不及通过筛孔，就被混入尾浆中，降低了筛选效率。

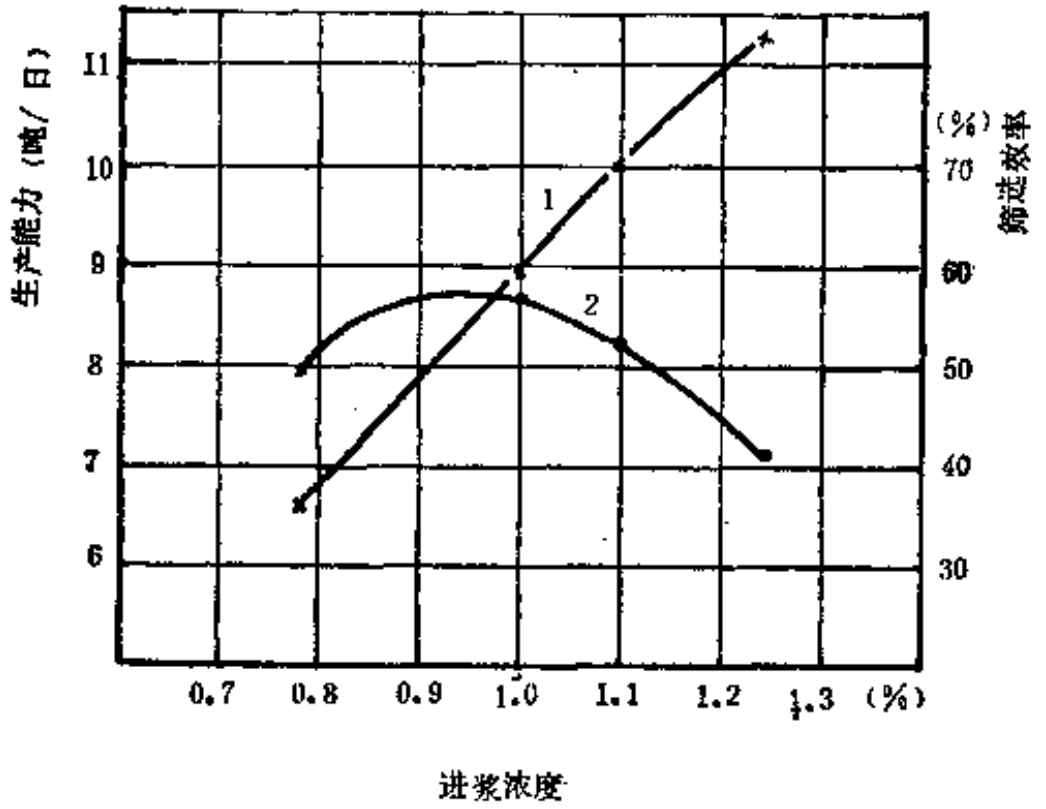


图8-2-31　浓度与生产能力和筛选效率的关系。

1—生产能力　　2—筛选效率

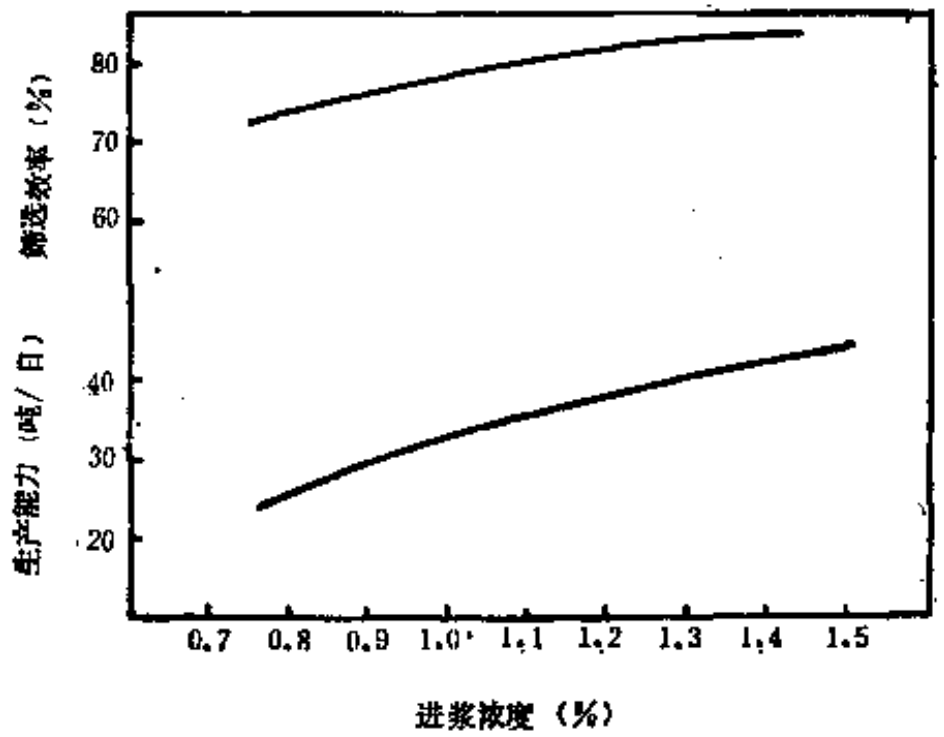


图8-2-32　浓度对筛选效率的影响

(2) 旋翼间隙与生产能力和筛选效率的关系

表8-2-68　　旋翼间隙与生产能力和筛选效率的关系

旋翼间隙（毫米）	生产能力（吨绝干/日）	尾浆率（%）	筛选效率（%）
1.0	5.7	7.75	73
1.5	6.03	9.32	68
2.0	6.39	7.65	49
2.5	6.09	5.45	49

注：城市废材硫酸盐木浆，筛孔 ϕ1.4毫米，转速580转/分，进浆浓度0.7%，压力差1.3米。

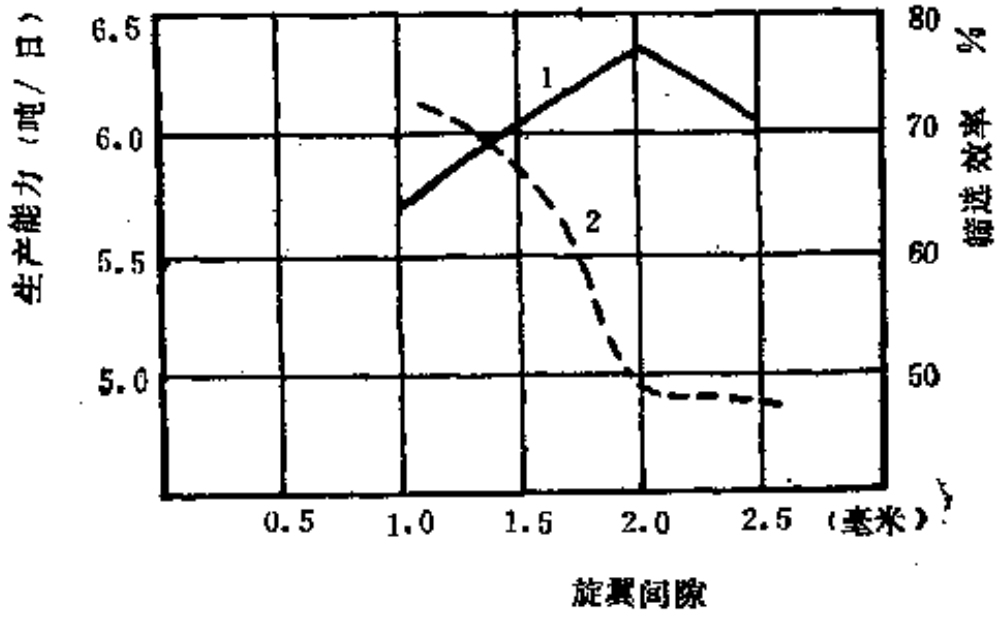


图8-2-33　旋翼间隙与生产能力和筛选效率的关系

1—生产能力　　2—筛选效率

表8-2-69　　旋翼间隙对筛选效率的影响

旋翼间隙（毫米）	筛选效率（%）	尾浆率（%）	尾浆粗渣率（%）	生产能力（吨/日）
0.7	81.6	3.7	3.6	35.5
1.2	74.5	3.7	3.8	32.5
1.7	68.3	4.1	4.9	30.5

注：碱法麦草浆，筛孔 ϕ1.8毫米，进浆浓度0.8～0.85%，进浆压力0.35～0.4公斤/厘米^2，良浆压力0.05～0.1公斤/厘米^2。

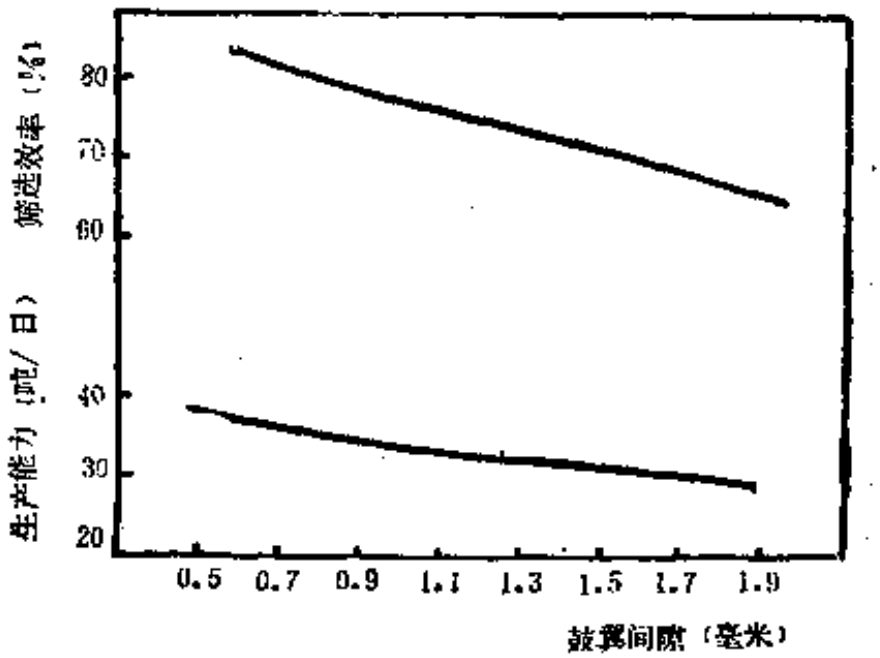


图8-2-34　旋翼间隙对筛选效率的影响

旋翼与筛鼓的间隙大，旋翼压力区的压力不足，筛选效率降低，生产能力也有下降趋势。因此旋翼间隙越小越好。但由于加工困难，旋翼间隙不能太小，目前一般取1～2毫米。

（3）尾浆率与生产能力和筛选效率的关系。

表8-2-70　　尾浆率与生产能力和筛选效率的关系

尾浆率（%）	进浆浓度(%)	生产能力（吨绝干/日）	筛选效率（%）
9.15	0.64	6.29	79
2.16	0.64	5.88	74
1.78	0.64	5.84	40

注：硫酸盐稻草浆，筛孔 ϕ1.4毫米，压力差1.3米。

尾浆率小于2％时，筛选效率显著下降。但尾浆率超过10％时，应用二道筛处理。

（4）压力差与生产能力和筛选效率的关系

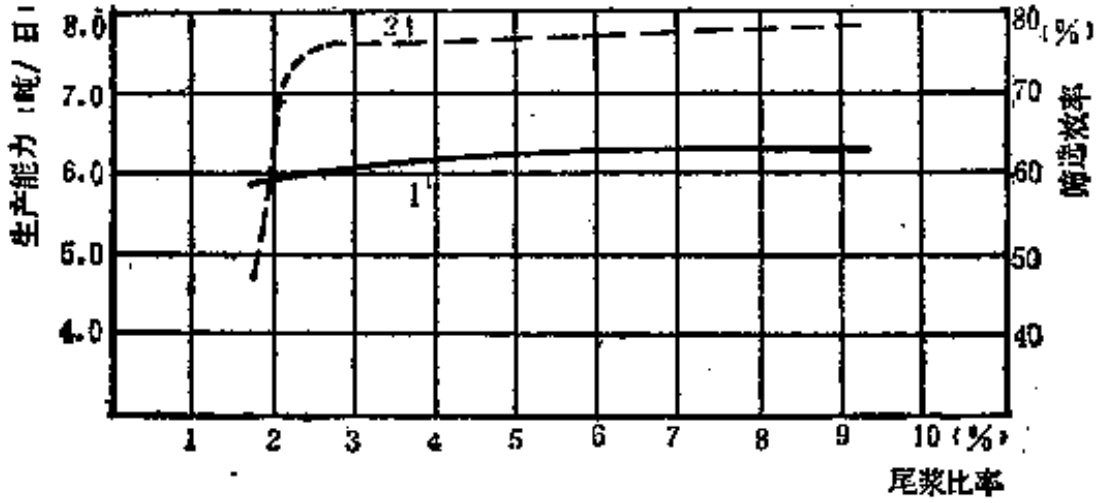


图8-2-35　尾浆率与生产能力和筛选效率的关系

1—生产能力　　2—筛选效率

表8-2-71　　压力差与生产能力和筛选效率的关系

筛　孔（毫米）	进浆浓度（%）	压　力　差（米）	生　产　能　力（吨绝干/日）	尾　浆　率（%）	筛选效率（%）
φ1.4	1.20	1.0	6.03	6.82	43
φ1.4	1.20	1.3	7.02	7.70	46
φ1.4	0.95	1.6	7.95	4.99	65
φ1.4	0.95	1.9	8.84	5.86	44

注：城市废材硫酸盐木浆，筛孔 φ1.4毫米，旋翼转速580转/分。

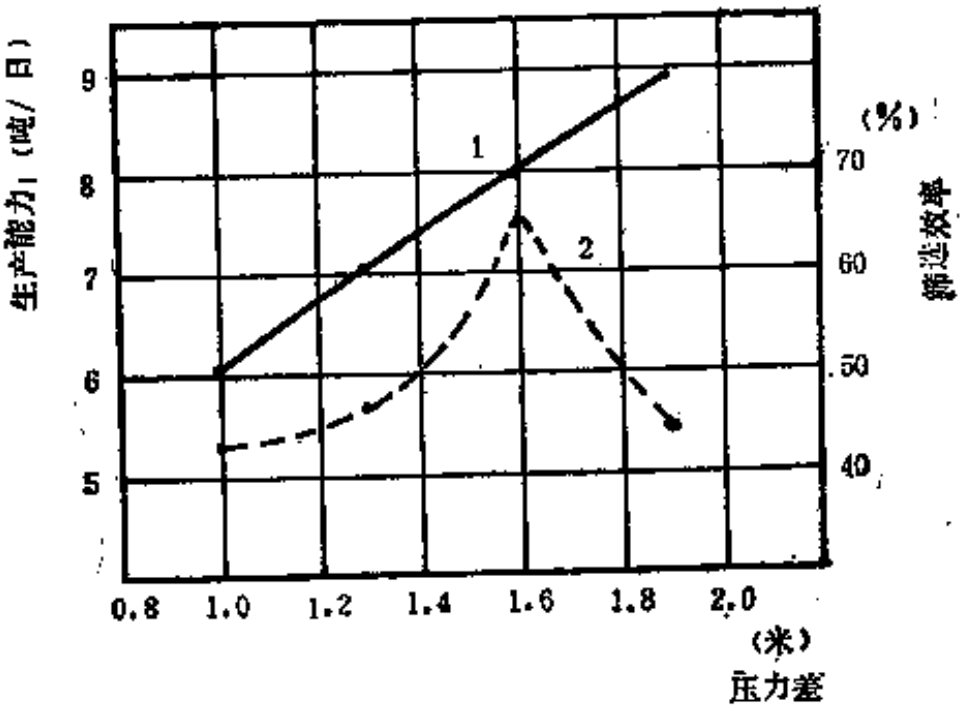


图8-2-36　压力差与生产能力和筛选效率关系

1—生产能力　　2—筛选效率

7．旋翼筛筛板的选用

旋翼筛宜采用锥形筛孔，孔径ϕ1.2～2.4毫米；柱形筛孔ϕ1.2～3.5毫米，孔距3～6毫米，开孔率10～20%。

表8-2-72　　锥形筛孔和柱形筛孔筛选性能比较

浆种	竹壳浆				麦草浆			
筛选性能	旋翼负荷(安)	筛选效率(%)	尾浆率(%)	尾浆粗渣率(%)	旋翼负荷(安)	筛选效率(%)	尾浆率(%)	尾浆粗渣率(%)
柱形筛孔	10.5～11.2	63.4	4.9	5.4	10.5～10.8	73.3	4.9	3.3
锥形筛孔	9.5～9.7	78.0	6.4	3.4	9.5～9.8	88.6	4.4	4.1

如果用条缝筛板，筛缝宽0.2～1毫米，缝与缝中心距2～5毫米，开孔率最大不超过20%，常用7～8%。

表8-2-73　　圆孔筛板和条缝筛板的对应关系

圆孔直径(毫米)	ϕ1.3	ϕ1.6	ϕ2	ϕ2.5
条缝宽(毫米)	0.2	0.35	0.45	0.60

8．单鼓内流式内旋翼筛

(1) A型：此系法国拉莫特(Lamort)公司60年代产品。

表8-2-74　　单鼓内流式内旋翼筛

型号	通过量(米³/时)	生产能力(吨/日)	功率(千瓦)	浓度(%)		进口最低压力(公斤/厘米²)	进出口压力差(公斤/厘米²)
				圆孔	长缝		
A-600	660	65	18.4	1.7	1.2	0.5	0～0.1
A-800	1200	110	29.4	1.7	1.2	0.5	0～0.1

这种设备的特点是利用旋翼前方的压力冲洗筛孔。可以用圆孔和条缝两种筛板。因此扩大了浆种的适应范围。在同样的筛选效率下，长缝筛通过能力为圆孔的70%。

(2) Hi—Q型：此系加拿大因盖索尔—伦德(Zugersoll-Ra-

nd)公司产品，可用于粗浆的除节和筛选。分A型和B型两种，公称能力分别为500和800吨/日。

Hi—Q型压力筛的特点，是在筛鼓的周围有一圈可加稀释淘洗水的夹层。水压高于进浆的压力，通过喷嘴向筛鼓连续喷水，使纸浆浓度降低80%以上。由于除节和筛浆的要求不同，该设备喷水夹层和旋翼形式详见图8-2-37及表8-2-75。

表8-2-75　　Hi-Q压力筛

用途	型号	电机功率（千瓦）	转速（转/分）	进浆口直径（毫米）	良浆出口直径（毫米）	稀释水进口直径（毫米）	排渣口直径（毫米）
除节	A	22	380	200	300	200	150
	B	37	380	250	350	200	150
筛浆	A	18	365	200	300	100	100
	B	30	365	250	350	150	100

用作除节时通常筛孔ϕ9.5毫米(0.375英寸)。筛孔排列呈螺旋状，进浆浓度可超过4%。进浆压力0.7～1.3公斤/厘米^2，高可达4.5公斤/厘米^2。

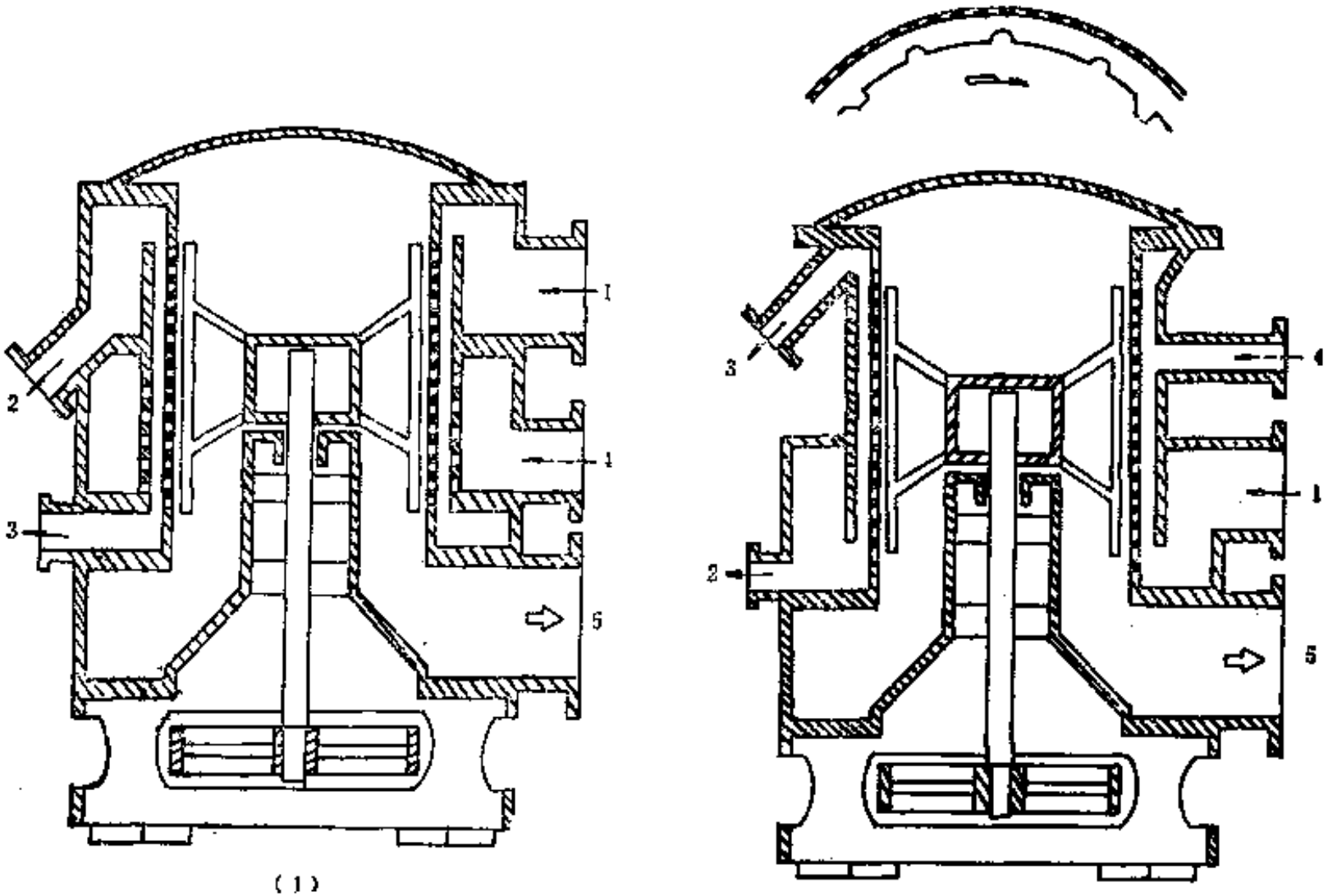
9. 单鼓内流式外旋翼筛

(1)SP型(或称B型)：此系法国拉莫特公司在A型筛基础上发展起来的。

表8-2-76　　单鼓内流式外旋翼筛

型号	S.P 400	S.P 600	S.P 800	S.P 1200
生产能力(吨/日)	20～25	25～50	50～100	100～200
功率(千瓦)	6～8	10～12	16～18	40～45
净重(公斤)	780	1200	2500	5500
浓度(%)	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
进浆最低压力(公斤/厘米^2)	0.5	0.5	0.5	0.5
进出口压力差(公斤/厘米^2)	0～0.3	0～0.3	0～0.3	0～0.3

这种筛旋翼的离心作用和一般旋翼筛相反。旋翼转速可以加



(1)　　(2)

图8-2-37　Hi-Q型压力筛

(1)A型，　(2)B型；1—进浆　2—重杂质　3—粗渣　4—稀释水　5—良浆

大，生产能力和筛选效率有所提高。也可用圆孔和条缝两种筛板，孔径ϕ1.6～2.2毫米，条缝宽0.35～0.5毫米。

(2)JSS型：此系芬兰约尔汗瓦拉(Jylhä Vaara)公司70年代初制成的一种单鼓内流式外旋翼筛。旋翼采用空心结构(图8-2-38)，称为超级筛。

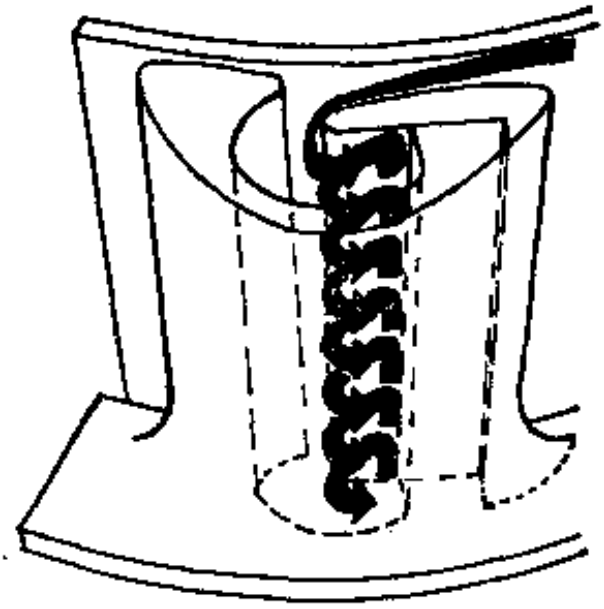


图8-2-38　空心旋翼

表8-2-77　　约尔汗超级筛的型号和规格

型　　号	JSS45	JSS90	JSS210	JSS350
筛板面积(米^2)	0.46	0.9	2.06	3.50
生产能力(吨/日)	55	110	250	450
理论流量(米^3/分)	5	10	25	40
电机功率(千瓦)	18.5	30	55	90
电机转速(转/分)	1500	1000	750	750
浓　　度(%)	2	2	2	2

空心旋翼对着筛板的一面开有缺口，这种缺口造成中部负压区。从筛板上吸取粗渣，并从空心内向下排渣，排渣效果好，因此可提高上网浓度。其通过量与电耗的关系见图8-2-40。

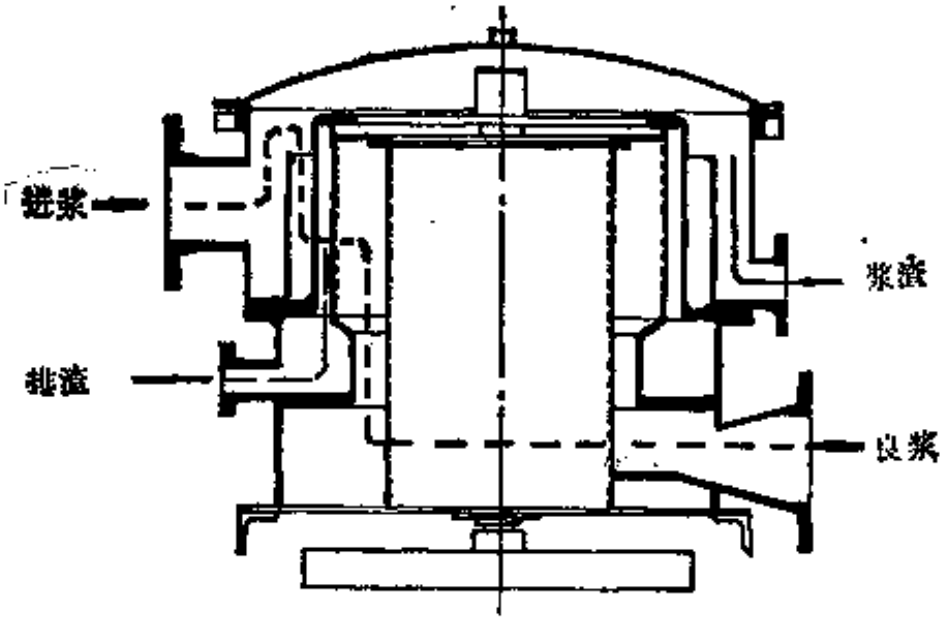


图8-2-39　约尔汗超级筛

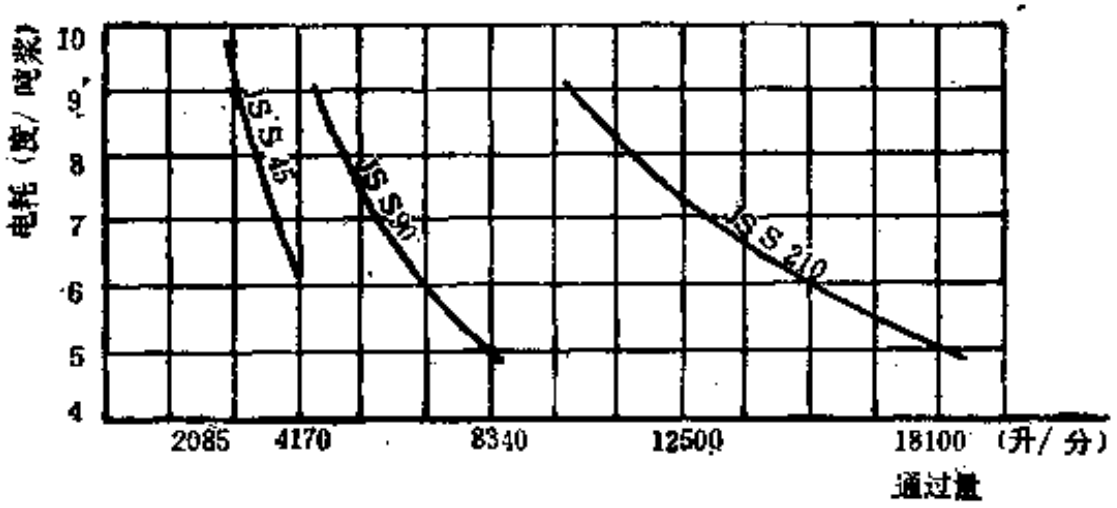


图8-2-40　通过量与电耗的关系

注：机械木浆，浓度1.0%，筛孔φ1.6毫米。

10．双鼓旋翼筛

(1)旋翼与进浆在两鼓之间：此系加拿大伯德（Bird)公司1958年产品。

这类筛实际上是在大规格的单鼓外流旋翼筛上增加一内筛鼓而成的，但旋翼与筛鼓之间间隙较大，不能调节，因此筛选效率较低。

一般工艺数据如下(化学木浆)：

表8-2-78　　伯德型双鼓旋翼筛

型　号	筛板面积（米²）	流　量（米³/分）	生产能力（吨/日）	电机功率（千瓦）	筛孔直径（毫米）
6	0.5	1.5～4.5	63	7.5	2
8	0.5	1.5～6.0	81	7.5	2
10	1.5	3.4～15	190	15	2
10B	1.8	4.5～20.5	245	22	2
14	2.6	6.8～30.5	380	30	2
14B	3.0	9.1～45	510	37	2
18	4.4	7～62	710	65	2
24	5.3	9～81	910	90	2

进浆浓度0.53～0.72%，压差0.07公斤/厘米²，旋翼与筛鼓间隙3.8～7.6毫米，旋翼转速300转/分以上。

表8-2-79　　0.6米²双鼓旋翼筛规格

筛鼓面积（米²）	外筛鼓规格（毫米）	内筛鼓规格（毫米）	旋翼片数（片）	转　速（转/分）	旋翼与筛鼓间隙（毫米）	外形尺寸 长×宽×高（毫米）
0.6	φ400×320	φ250×320	4	400～700	>1	750×650×1200

表8-2-80　　0.6米²双鼓旋翼筛筛选碱法稻草浆

转速（转/分）	400	500	550	600
良浆浓度（%）	1.3	1.2	1.2	1.2
尾浆浓度（%）	2.2	1.8	1.9	1.8
良浆流量（米³/时）	56.5	56.3	56.3	56.3
尾浆排出量（米³/时）	0.212	0.337	0.32	0.366
原浆粗渣含量（%）	6.0	8.0	9.5	11.5
良浆粗渣含量（%）	3.75	5.0	—	5.0
尾浆粗渣含量（%）	37.5	24	31	30.5
原浆尘埃度（个/2克浆）	32.35	24.67	34	26.06
良浆尘埃度（个/2克浆）	18.59	13.16	21.38	15.44
电　流（安）	6.2	8.0	8.7	10
粗渣去除率（%）	37.5	37.5	—	56.52
筛选效率（%）	42.5	46.66	37.12	40.75
纤维筛损率（%）	0.39	0.68	0.61	0.67
电机功率（千瓦/吨浆）	3.82	5.33	5.79	6.66

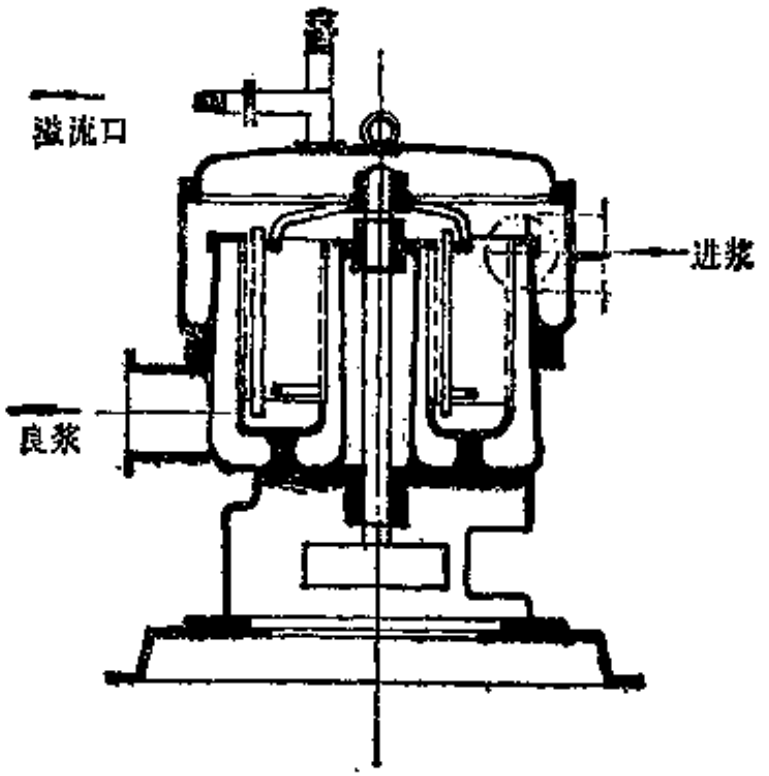


图8-2-41　0.6米²双鼓旋翼筛

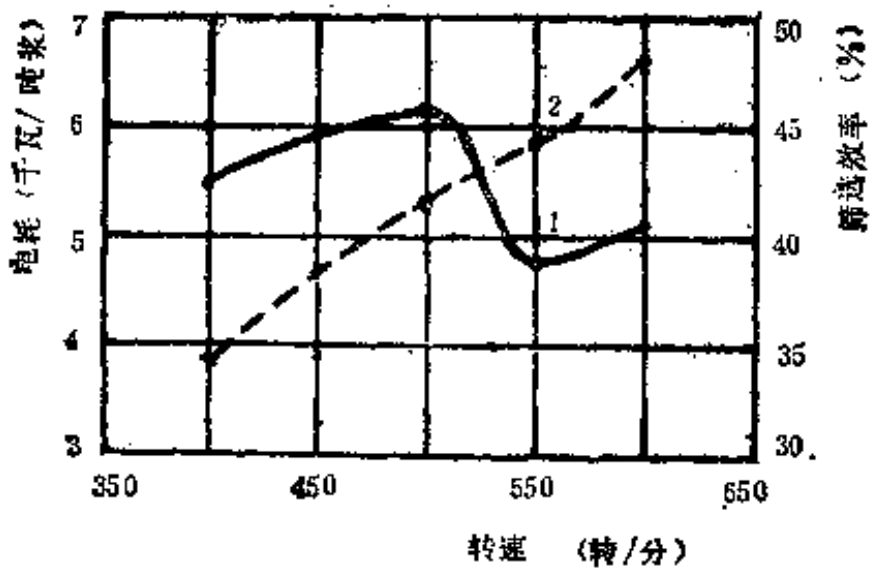


图8-2-42　转速对电耗和筛选效率的关系

1—筛选效率　　2—电耗

图8-2-42表明：双鼓旋翼筛筛选效率并不高，随着转速的提高，电耗明显上升，但筛选效率基本不变。

(2)旋翼与进浆在外鼓外周和内鼓内周：此系芬兰约尔汗瓦

拉公司制造的约尔汗(Jylhä)筛。适用于化学浆及机械木浆的筛选，浓度1.5%，进出口压差为6米水柱。

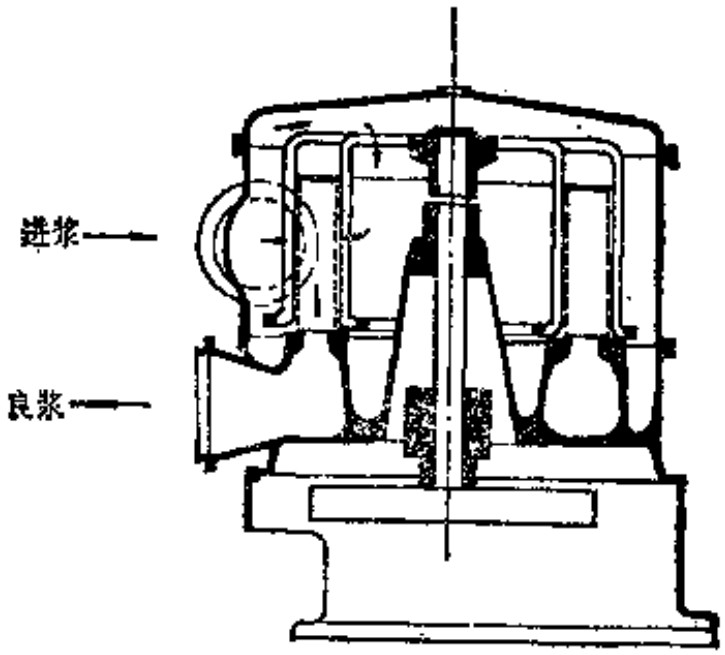


图8-2-43　约尔汗双鼓旋翼筛结构

表8-2-81　　约尔汗筛

型　　号	JS 60	JS 100	JS 150
筛板面积(米²)	1.2	2.11	2.79
生产能力(吨/日)	70	120	170
通过量(米³/分)	25	40	60
电机功率(千瓦)	22	30	37
电机转速(转/分)	1500	1000	1000
设备重量(公斤)	1300	2000	2600
浓度(%)	1.5	1.5	1.5

这类筛的特点是内外筛鼓和转子均可整体拆装，而且两鼓直径相差不大，内外旋翼在圆周方向错开一定角度，内外旋翼各三片。

由于用途与加工光洁度的不同，每一型号又分为三种：

标准型：浆料室是手工抛光，标记JS150，用于磨木浆、化学浆及木节浆。

1型：与良浆接触部分均电镀抛光，标记JS150—1，用于纸机前的净化。

2型：与进浆及良浆接触部分均电镀抛光，标记JS150—2，用于特殊的长纤维浆。

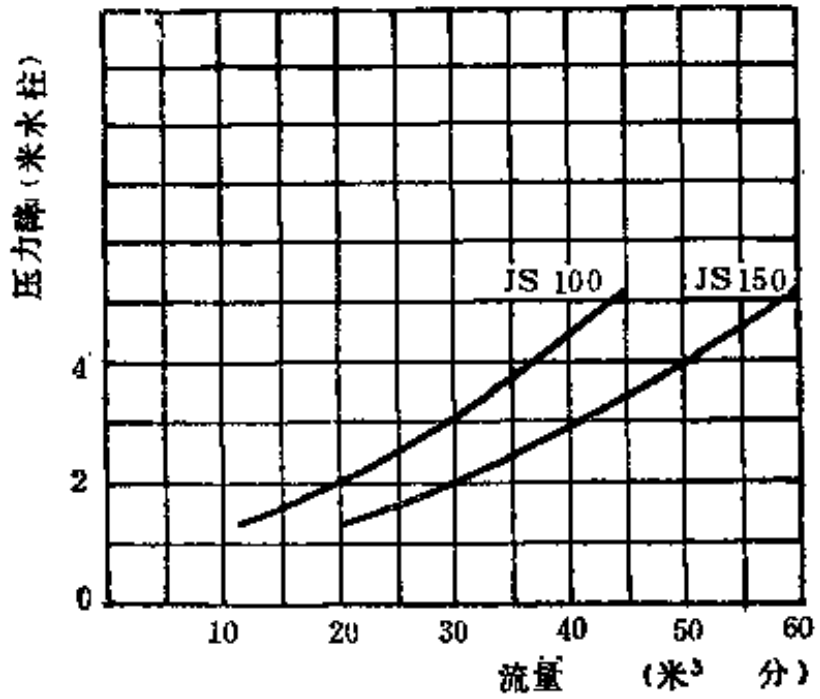


图8-2-44 松木硫酸盐浆的特性曲线

注：进浆浓度0.2%，筛孔φ2毫米

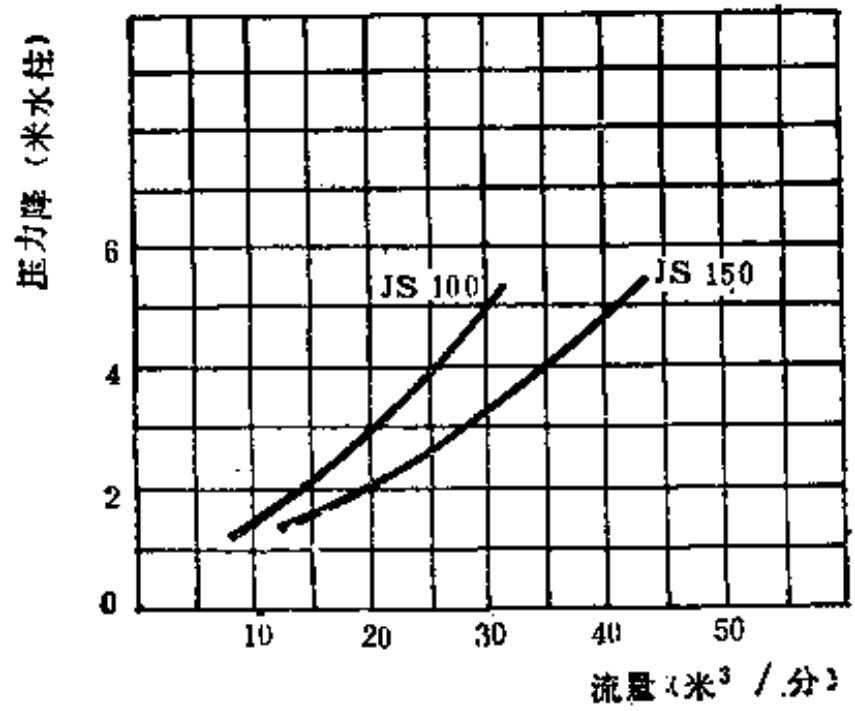


图8-2-45 新闻纸浆的特性曲线

注：进浆浓度0.65%，筛孔φ1.6毫米

某厂曾用JS50型筛选机械木浆。外筛鼓内径650毫米，厚5毫米，锥形筛孔ϕ1.6/2.5毫米。内筛鼓外径510毫米，厚4毫米，筛孔ϕ1.6/2.3毫米。旋翼转速374转/分，电机22千瓦。进浆浓度1.5%，进浆压力1公斤/厘米^2。

(3)作为两级筛选的双鼓旋翼筛，此系日本相川社与法国拉莫特公司合作，在单鼓内流旋翼筛的基础上，于1969年制造的FT型双鼓旋翼筛。

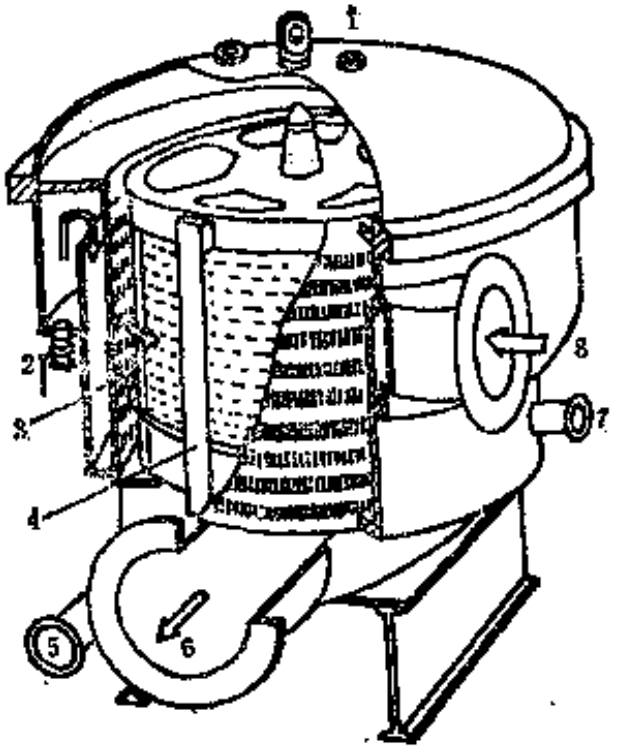


图8-2-46　FT型双鼓旋翼筛

表8-2-82　　FT型双鼓旋翼筛

型　　号	FT 400	FT 600	FT 800	FT 1000
生产能力(吨/日)	18	40	75	100
通过量(米^3/时)	450	500	800	1200
电机功率(千瓦)	14.7	22	36.8	55.1
入口最低压力(公斤/厘米^2)	0.7	0.6	0.5	0.5

这种双鼓筛的特点是沿切线进入的浆料必须越过堰板，才能进入外筛鼓的外侧。浆中重杂质可以由手动的重杂质阀门排出，内外筛鼓可以分别采用锥孔或条缝，以除去不同形状和性质的杂质，尾浆分别排出。

进浆浓度1.2%，进浆与良浆压力差0.4公斤/厘米²以下。

(4)可以串联或并联的双鼓旋翼筛：此系瑞典Bolton—Emerson公司制造，转速1200转/分。这种筛的并联型式用作两级筛

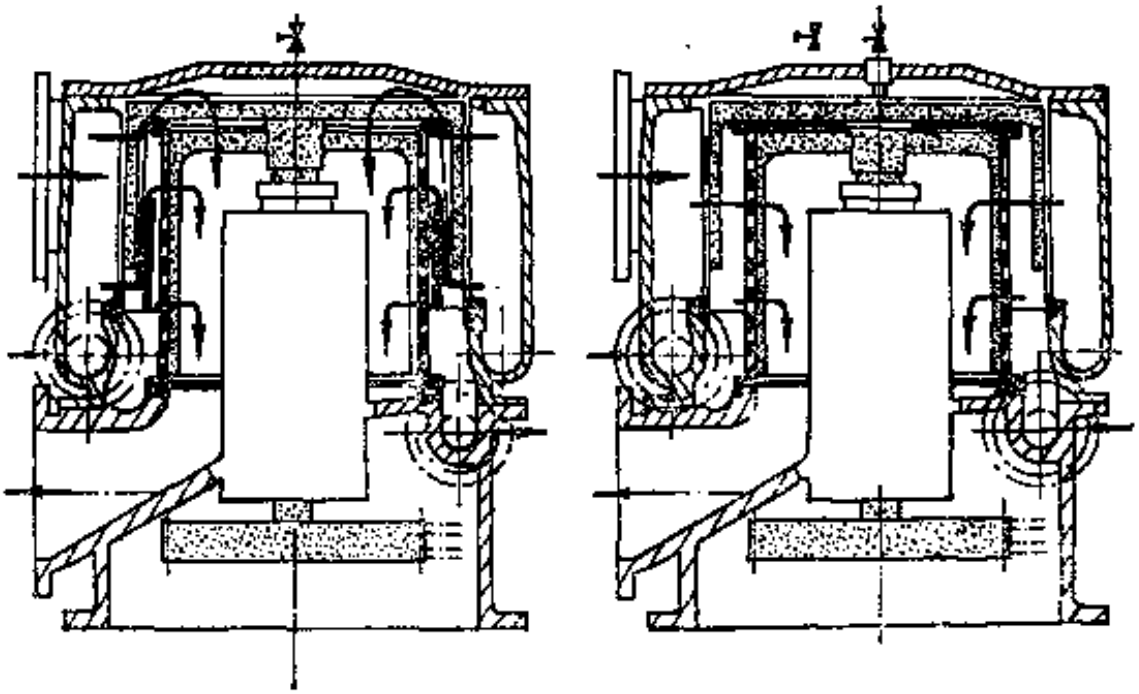


图8-2-47　双鼓旋翼筛

选，可以用条缝和圆孔两种筛板。串联型式是在两筛鼓之间有堰板阻挡，使通过外筛鼓的浆料必须越过堰板，提高了筛选效率。

11．旋鼓式内流压力筛

此系瑞典卡米尔(KMW)公司1973年制造的尤尼(UNi)筛，这种压力筛的旋翼不动，筛鼓转动，筛鼓上小下大，略成锥形。筛鼓与外壳之间有一个环形夹层，随筛鼓一起旋转。而在这夹层和筛鼓之间的上方，装有象栅栏那样可以旋转的杆，起粗筛作用。

因此这种筛兼有除节和筛选两个作用。

其中50型也可以作为100型的二道筛。另有65型，结构与50型同，筛板面积65厘米^2，主要用作100型的二道筛。

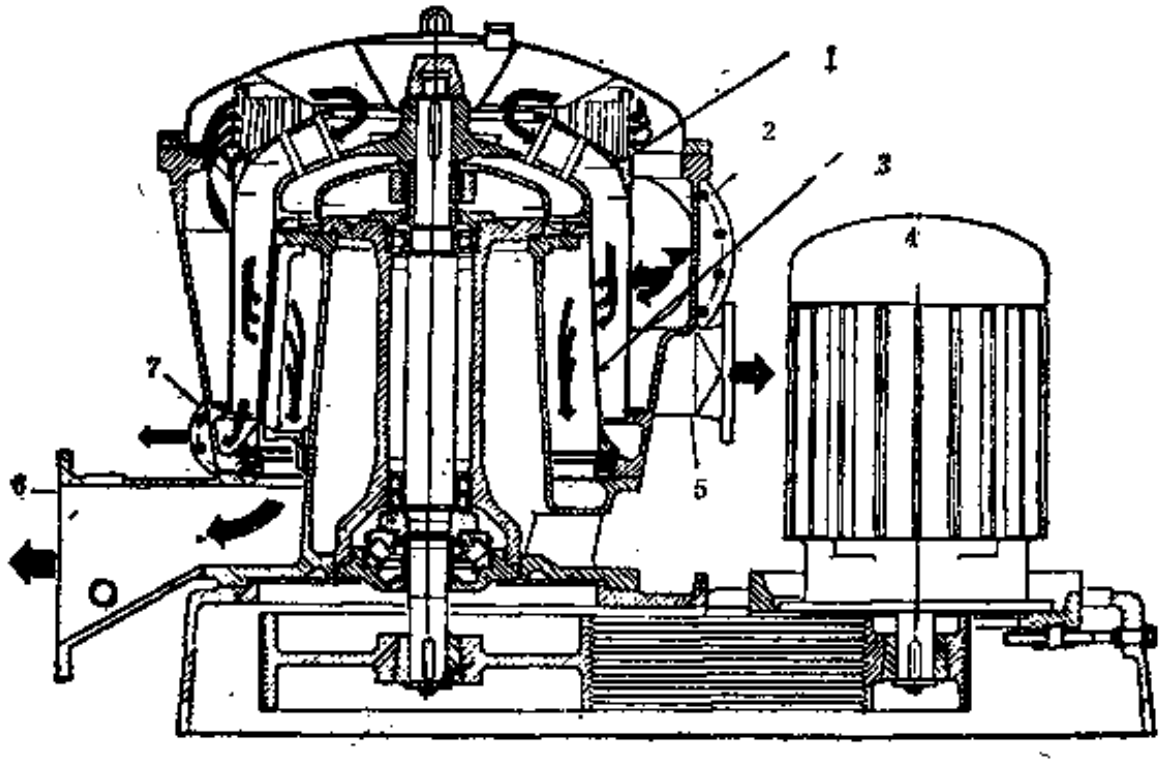


图8-2-48　100型尤尼筛

表8-2-83　　尤　尼　筛

型　　号	100型	50型
筛板面积(分米^2)	100	50
生产能力(吨/日)	350	50/100
通过量　(升/分)	<2000	4000/6000
电机功率　(千瓦)	132	30/60
电机转速　(转/分)	1480	970/1480
设备重量　(公斤)	5000	900/1100
进浆压力(公斤/厘米^2)	6.0	2
压 力 降(公斤/厘米^2)	0.3～0.5	0

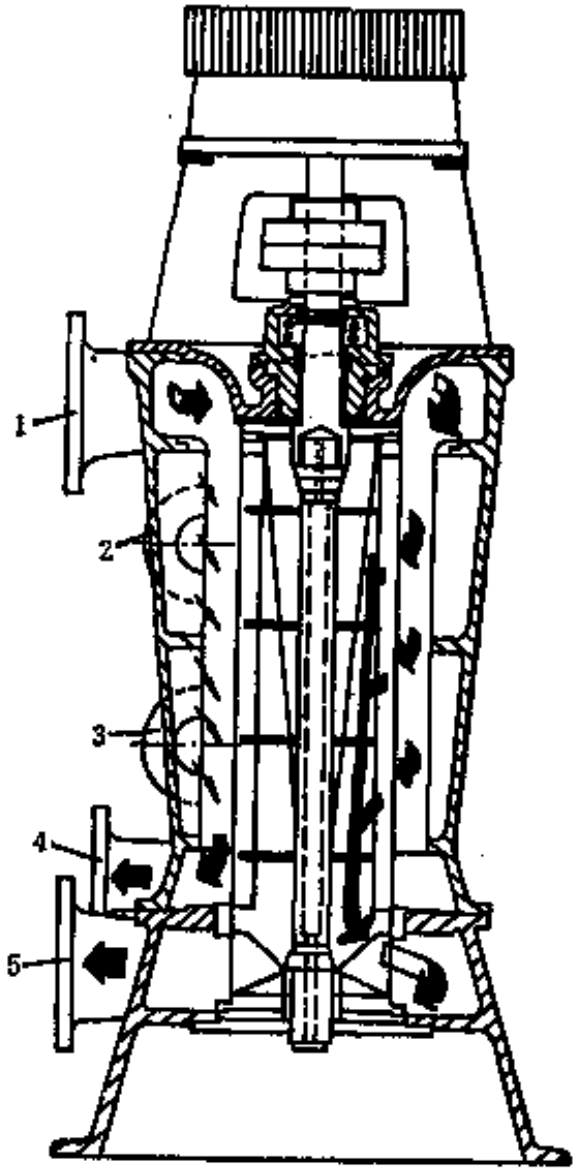


图8-2-49 50型尤尼筛

1—进浆口 2、3—稀释水口

4—粗渣出口 5—良浆出口

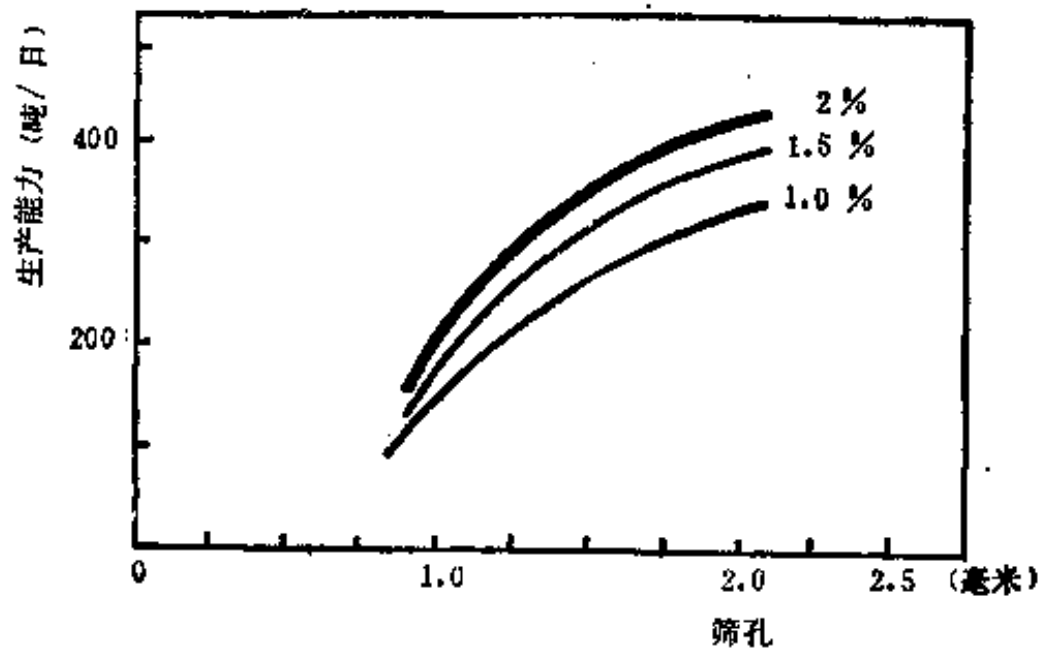


图8-2-50 用100型筛选机械木浆的生产能力

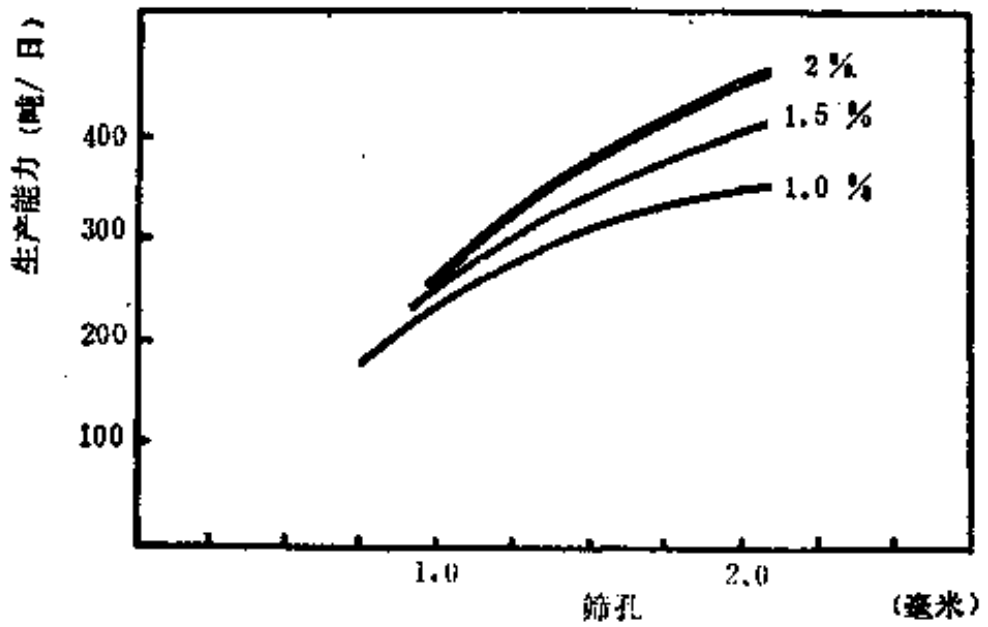


图8-2-51　用100型筛选硫酸盐木浆的生产能力

12. 旋筒式外流压力筛

此系芬兰卡呼拉(Karhula)制造厂70年代初的产品。它是用旋筒代替旋翼，在旋筒外表面有呈螺旋形排列的半球形突块。

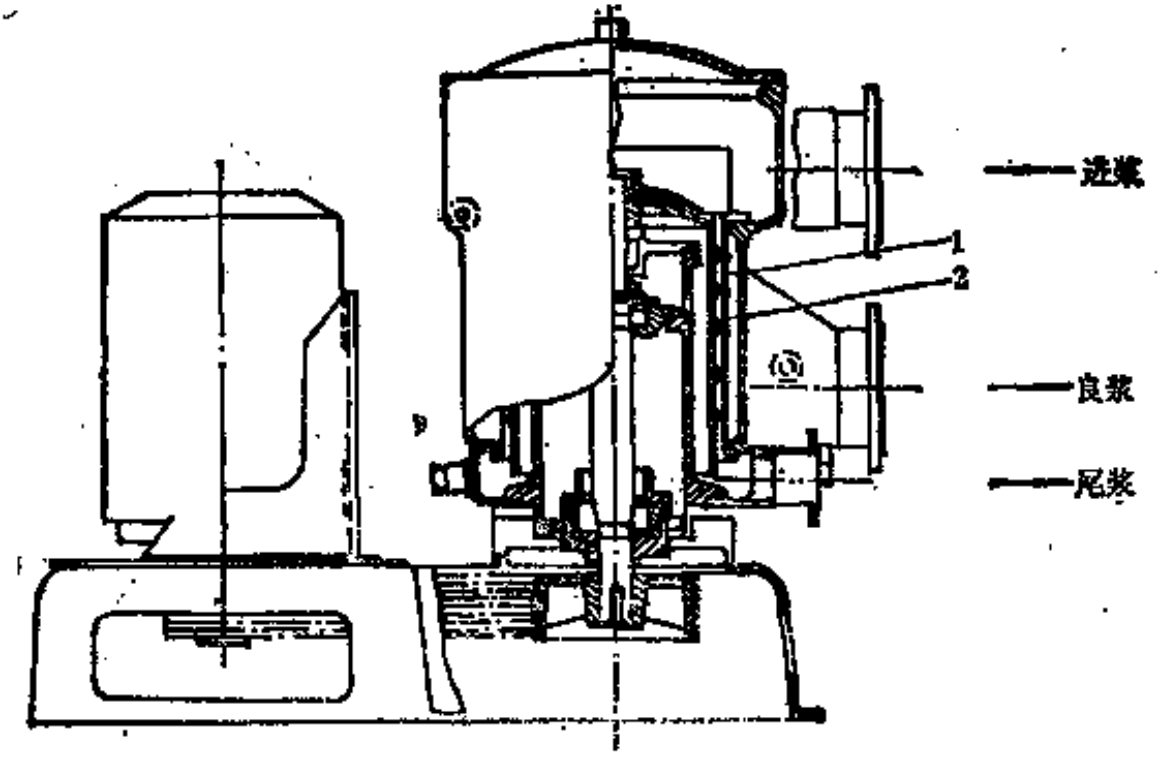


图8-2-52　旋筒式外流压力筛

表8-2-84　　旋筒式外流压力筛

型　　号	100	200	400	600
筛鼓内径（毫米）	305	381	507	813
筛鼓高度（毫米）	492	369	547	610
生产能力（吨/日）	10～80	30～150	80～350	150～950
电机功率（千瓦）	22	45	90	200
设备重量(不包括电机)(公斤)	500	850	1600	3600
进浆口、良浆口直径（毫米）	150	200	250	350
稀释水量（升/分）	0～400	0～500	0～1000	0～1400

其中100型为卧式，其余为立式。高浓时，稀释水是靠压在筛鼓外周上、四周用4毫米橡胶垫密封的条状加水盒加入的，其水压应高于进浆压力，一般在2.5公斤/厘米^2以上。

这种筛可用圆孔或条缝筛板。浓度3%以下，最大工作压力5公斤/厘米^2，良浆出口最低压力0.3公斤/厘米^2。

13. PH与PS型高浓压力筛

此系巴拉克·克劳森(Black—clawson)公司产品。是单鼓外

表8-2-85　　pH与PS型高浓压力筛

型　　号	12PH	24PH	30PH	36PH	12PS	24PS	30PS	36PS
旋翼转速(转/分)	750	750	600	500	750	750	600	500
功　　率(千瓦)	37	95	190	220	30	75	130	190
筛孔直径(毫米)	ϕ1.6, ϕ2.0, ϕ2.4							
筛缝宽度(毫米)					0.35, 0.40, 0.55			
生产能力(吨/日)	128	256	384	840	40	80	120	200

注：表中生产能力系指筛选瓦楞纸（PH型，ϕ2.4毫米，PS型，筛缝宽0.55毫米）用浆。

与单鼓外流式旋翼筛相比，PH与PS型筛有以下特点：

(1) 旋翼转速提高1倍。加强了筛板的清洗作用。纤维不易絮聚和结块。

(2) pH型筛选浓度可达4.5%，PS型2.5%，所以同样型号下生产能力提高2～3倍。

(3) pH型筛可除去聚酯、聚乙烯等薄膜状杂质。PS型筛则可除去胶乳、沥青、橡胶等细小粒状杂质。可用以处理各种废纸浆。

(4) 由于转速高动力大，所以机体结构牢固。筛板厚度比老型号大一倍以上。

流式旋翼筛的最新改进。其中PH型为圆孔，PS型为条缝。

14. PSV型离心压力筛

此系加拿大霍珀(HoPer)公司产品。其转子上装有类似KX型筛式的叶片。稀释水由两叶片间夹缝中喷出，兼有离心筛和压力筛的特点。适用范围较广。

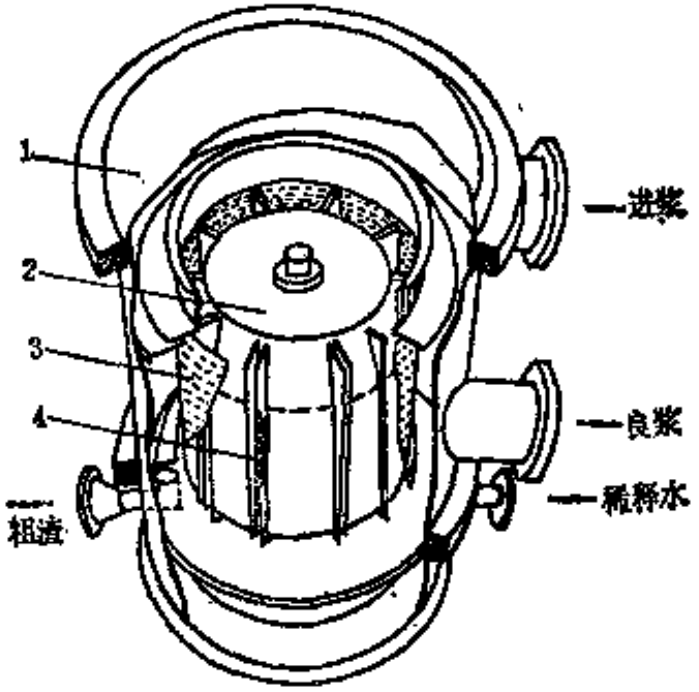


图8-2-53 PSV离心压力筛

1—压力套 2—转子 3—筛鼓 4—喷稀释水口

表8-2-86 PSV离心压力筛

型号	进浆口、良浆口（毫米）	粗渣口（毫米）	稀释水口（毫米）	电机功率（千瓦）	设备重量（公斤）
PSV—400	ϕ300	ϕ150	ϕ80	110	3000
PSV—200	ϕ200	ϕ100	ϕ50	55	1290

表8-2-87 PSV-400型离心压力筛筛浆的工艺条件

进浆浓度（%）	筛孔（毫米）	转速（转/分）	浆料入口压力（公斤/厘米^2）	进浆、良浆压力差（公斤/厘米^2）	稀释水压（公斤/厘米^2）	生产能力（吨/日）
1.2～2.0	1.7～3.5	415～440	0.1～5.3	0～0.3	1.0	170～380

PSV—400型筛曾在美国华盛顿某纸厂作过测定，原料为铁杉、白冷杉和云杉。数据见表8-2-87。

表8-2-88　　不同筛孔的筛选效率

筛　孔(毫米)	1.51	1.76	2.14
进料量（绝干吨/日）	142	176	181
粗渣量　(吨)	21.4	21.5	15.7
筛选效率　(%)	91.6	92.2	82.4

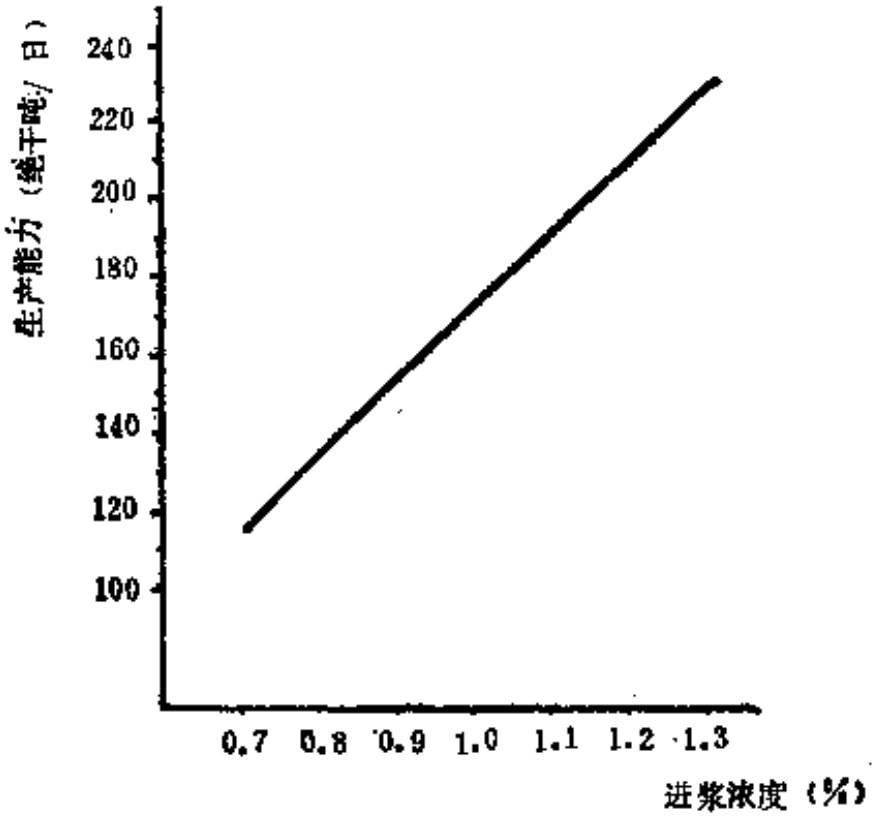


图8-2-54　PSV—400型离心压力筛生产能力

表8-2-89　　用PSV-400型筛选不同浆料时的生产能力

浆的种类	BKP	BKP	KP	KP	SP
材　种	南美松	针叶树	南美松	针叶树	针叶树
筛孔(毫米)	ϕ2.8	ϕ2.5	ϕ3.5	ϕ3.2	ϕ2.4
生产能力（绝干吨/日）	320～370	250～280	380～450	300～350	200～250

续表

浆的种类	GP	GP	RGP	TMP	
材　　种	南 类 松	针 叶 树	针 叶 树	针 叶 树	
筛孔(毫米)	ϕ1.7	ϕ1.7	ϕ2.2	ϕ2.4	
生产能力(绝干吨/日)	170～200	120～150	170～200	170～200	

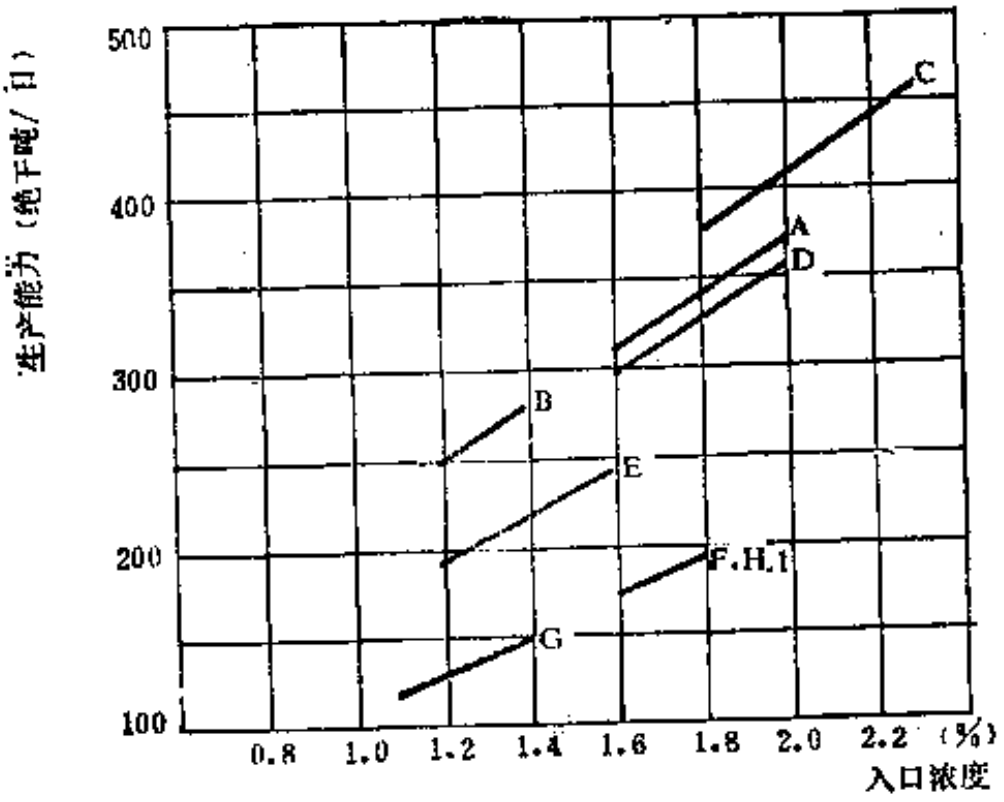


图8-2-55　不同浆料时生产能力

15. PSV—C组合型离心压力筛

此系PSV筛的发展，它兼有除节与筛选两种作用，分为上部粗选和下部精选，两部分同轴能动。上部是一内流筛，内装一薄片转子，粗节等杂物在进入筛板前就被除去，完成粗选作用。下部是PSV离心压力筛，是外流筛。上下两部分产生的粗渣分别排出。其型号规格类似PSV型，也只有两种规格。

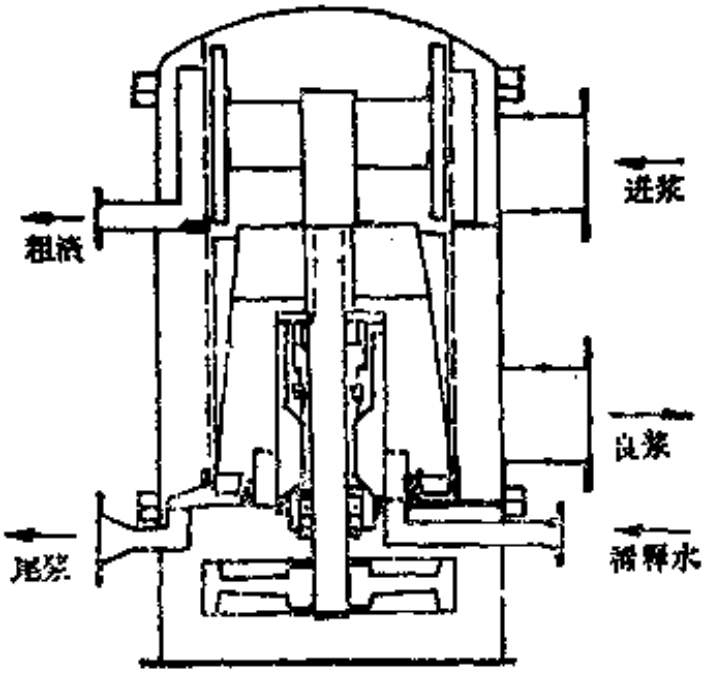


图8-2-56　PSV—C型离心压力筛结构

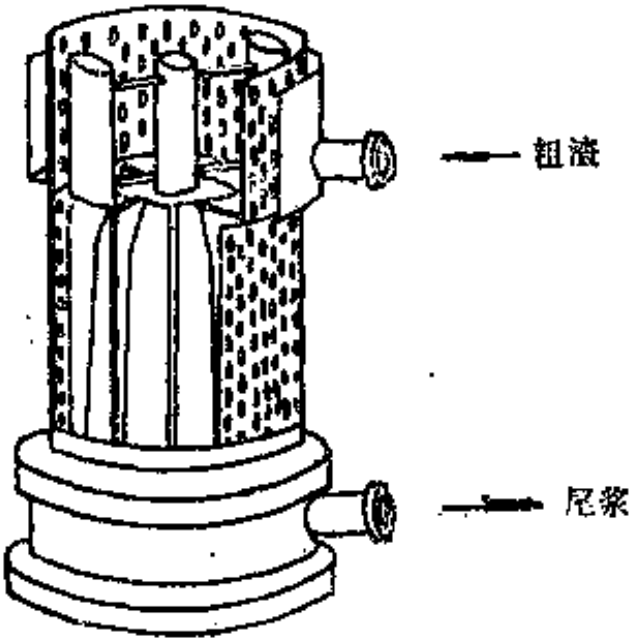


图8-2-57　PSV-C型筛转子

五、净化的主要设备

（一）沉　砂　沟

1．概述

沉砂沟是依照沉降原理，在浆料充分稀释下，利用杂质和纤维的比重不同，使杂质沉降而与纤维分离的一种简易净化设备。

沉砂沟材料可以是木材、混凝土或硬聚氯乙烯等。一般利用落差流入下一工序，减少中间设备。

沉砂沟的优点是设备简单，无需动力。缺点是占地面积大、效率低、须经常清洗。

2．沉砂沟的经验数据

（1）生产能力

$$Q=\frac{bhvc\times 60\times 24}{100\times 0.88}\text{（吨风干浆/日）}$$

式中　b——沉砂沟宽度(米)

h——在隔板顶上浆层高度(米)

v——浆流速度(米/分)

c——浆料浓度(%)

（2）经验数据

长度：以20～30米较合适。

宽度：在1.25～2.0米范围内(每一条沟道)，以取窄为好。

高度：0.6～1米

底部：倾斜度为0.6～2%

横隔板高度：100～200毫米

横隔板倾斜度：沿浆的流向约45°～65°

横隔板间距：为其高度的1～2倍，约250～400毫米

（3）横隔板型式

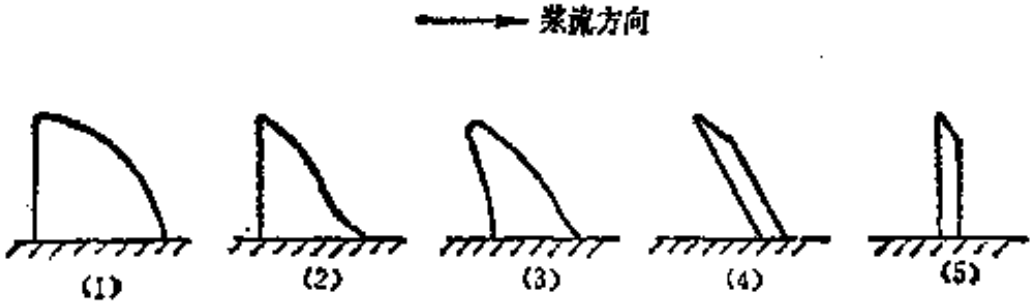


图8-2-58　常见的一种横隔板型式

（4）工艺数据：一般针叶木浆浓度可控制在0.35～0.5%，调叶木浆0.5～0.7%，草浆<0.9%，机械木浆<1.0%。

流速随浆种的不同而有所不同。一般浆速为12～15米/分。长纤维流速可适当降低。对质量要求不高的浆料流速可适当加快，但最高不得超过18～20米/分。

（二）锥形除渣器

1. 各种锥形除渣器的型号和规格

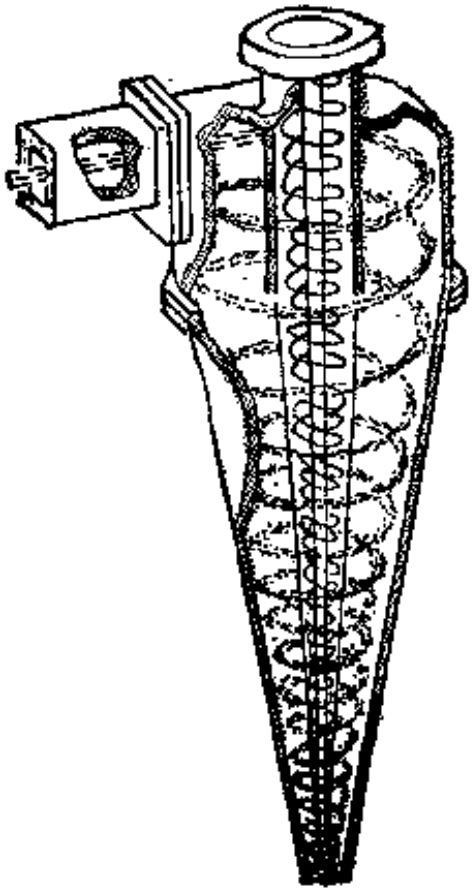


图8-2-59　锥形除渣器

表8-2-90　国内曾使用的锥形除渣器的型号和规格

型号 / 分类 / 项目	600型		606型			
	600	600EX	606-上海	606-珠江	606-仿苏	606A
顶端直径（毫米）	75	75	150	150	150	150
进浆管中心至排渣嘴端距离（毫米）	910	822	1261	1325	1480	1261
入口直径（毫米）	ϕ12.5	ϕ20	ϕ50或正方形50	ϕ25	ϕ25	ϕ40
出口直径（毫米）	ϕ16	ϕ19	ϕ50	ϕ40	ϕ32	ϕ40
排渣口直径（毫米）	ϕ3～5.5	ϕ3～5.5	ϕ5～8	ϕ4.6～10	ϕ6～8	ϕ6～8
锥　度	5°13′	5°05′	5°31′	7°17′	6°13′	7°25′
排渣嘴长（毫米）	107	106.5	110	185	120	
入口中心与出口管深度距离（毫米）	39	44.5	125	119	100	111
流　量（升/分）	75	120～130	600～700	300～340	350～380	550

表8-2-91　国内曾使用的其他型号的锥形除渣器

型　号	601	622	623	624
顶端直径（毫米）	75	305	305	305
总 高 度（毫米）		2000	2275	
入口直径（毫米）	30	51	76	102
出口直径（毫米）	30	51	76	102
排渣口直径（毫米）	3.2～6.4	3.2～6.4	3.2～6.4	3.2～6.4
通过能力（升/分）	100	700～830	1600～1900	2700～3200
重　量（公斤）		85	85	85
进浆压力（公斤/厘米^2）	2.8	2.5～3.5	2.5～3.5	2.5～3.5
进浆浓度（%）	0.3～0.5	0.5～0.6	0.5～0.6	0.5～0.6

表8-2-92　　ZSC_{11}型锥形除渣器规格

1. 生产能力	400～600升/分
2. 浆料浓度	0.3～0.7%
3. 压　　差	2.5公斤/厘米^2
4. 进浆口、出浆口直径	50毫米
5. 外形尺寸	140×222×1420毫米
6. 重　　量	40公斤

注：本器即606号除渣器。

表8-2-93　　ZSL系列锥形除渣器规格

项目 \ 型号	ZSL_{12}	$ZSL_{12}F$	ZSL_{13}	$ZSL_{13}F$	ZSL_{14}
1. 浆料通过量(升/分)	300	300	900	900	2700
2. 进浆口直径(毫米)	34	40	56	68	122
3. 出浆口直径(毫米)	40	40	68	68	122
4. 材　　质	铸　铁	不锈钢	铸　铁	不锈钢	钢　管
5. 外形尺寸(毫米)	ϕ205×882	ϕ138×860	ϕ292×1515	ϕ214×1495	ϕ306×2608
6. 重　　量(公斤)	26	13.6	73	28	140

注：本系列为试用产品。

2. 工艺条件

表8-2-94　　606型的实测工艺数据

浆　种	入口浓度(%)	进口压力(公斤/厘米^2)	出口压力(公斤/厘米^2)	净化效率(%)
硫酸盐木浆	0.6～1.0	2.5～3.5	0.1～0.5	50～70
亚硫酸盐木浆	0.4～0.8	2.5～3.5	0.2～0.5	50～70
机械木浆	0.3～0.7	2.5～3.0	0.2～0.5	50～60
苇　浆	0.6～0.8	2.0～3.0	0.1～0.3	40～60
稻麦草浆	0.25～0.6	2.5～3.0	0.1～0.2	70～75
底渣浆	0.4～0.7	3～3.8	0.1～0.3	60～70
棉　浆	0.2～0.5	2.7～3.5	0.2	60～76

表8-2-95　　600型的实测工艺数据

浆　　种	入口浓度（%）	进口压力（公斤/厘米²）	出口压力（公斤/厘米²）
硫酸盐木浆	0.5～1.0	2.5～3.5	0.2～0.3
亚硫酸盐木浆	0.4～0.8	2～3.5	0.2～0.3
机械木浆	0.3～0.7	2～3.5	0.1～0.3
苇　　浆	0.4～0.6	2～3.0	0.1～0.3
稻麦草浆	0.5～0.7	2.5～3.0	0.2～0.3
甘蔗渣浆	0.2～0.5	2.2～2.5	0.1～0.2
棉　　浆	0.2～0.3	2.5～3.5	0.1～0.2

3. 影响净化效率的因素

（1）进浆浓度对净化效率的影响

表8-2-96　　几种浆料的浓度对净化效率的影响

机械木浆		碱法草浆		亚硫酸盐苇浆		甘蔗渣浆		棉　浆	
606型		606型		600Ex型		606型		600Ex型	
浓度（%）	净化效率（%）	浓度（%）	净化效率（%）	浓度（%）	净化效率（%）	浓度（%）	净化效率（%）	浓度（%）	净化效率（%）
0.96	38.2	1.12	33.5	0.6	45.2	0.57	48.65	0.54	41
0.8	40.3	1.02	49.2	0.427	50.7	0.505	48.44	0.3	50
0.74	44.2	0.75	60.2	0.407	48.3	0.465	66.48	0.26	53
0.66	51.8	0.69	64.4	0.329	63.6	0.4	59.02		
0.62	53.8	0.60	63.8	0.291	73	0.25	67.06		
0.52	58.0	0.42	68.3	0.233	61.2				

进浆浓度与净化效率的关系随浆种、除渣器型号以及工艺条件的不同而不同。

图8-2-61为净化效率和排渣率的关系。浓度越低，净化效率越高。在同样的净化效率下，浓度越低排渣率越小。

（2）压力差与净化效率的关系

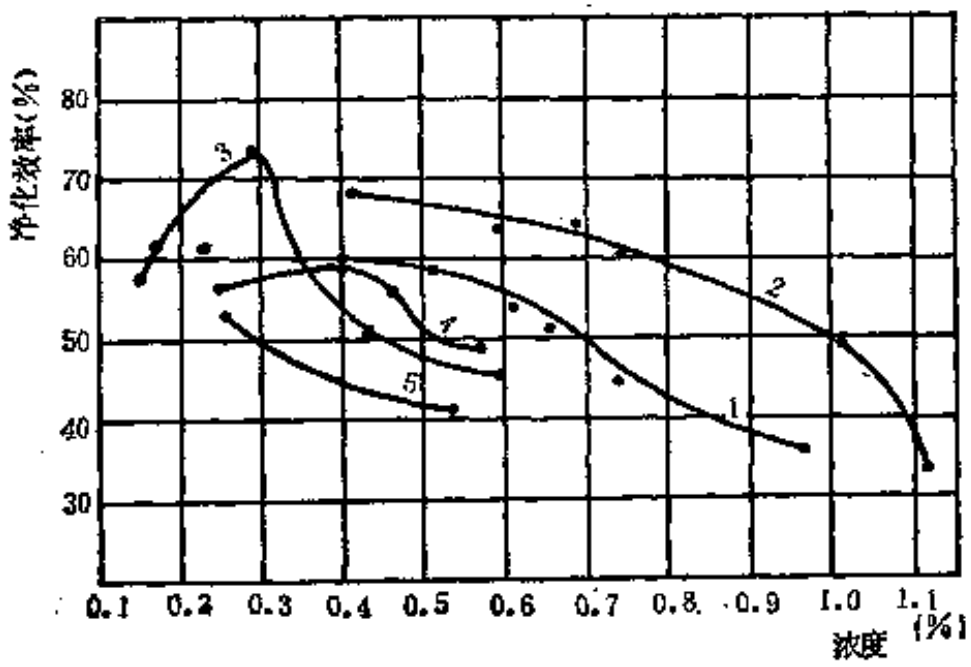


图8-2-60　浓度与净化效率的关系

1—机械木浆　2—碱法草浆　3—亚硫酸盐苇浆　4—蔗渣浆　5—棉浆

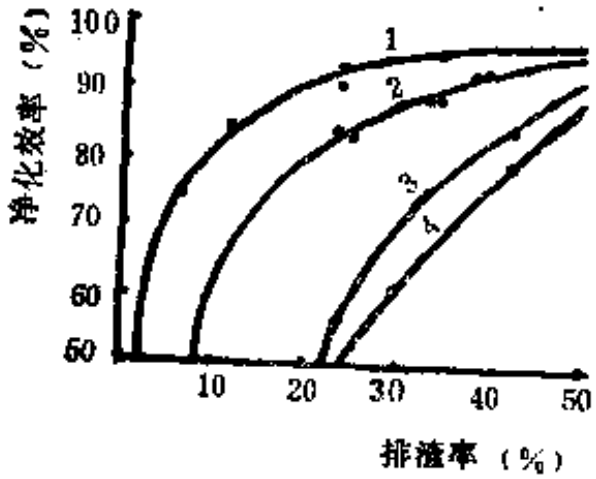


图8-2-61　606型除渣器进浆浓度与排渣率的关系

1—浓度0.38%　2—浓度0.65%　3—浓度0.74%　4—浓度0.94%

表8-2-97　　压力差和净化效率的关系

600型				600Ex				606				606A			
稻草浆				稻草浆				稻草浆				稻草浆			
压力(公斤/厘米²)			净化效率(%)	压力(公斤/厘米²)			净化效率(%)	压力(公斤/厘米²)			净化效率(%)	压力(公斤/厘米²)			净化效率(%)
进浆	出浆	压差		进浆	出浆	压差		进浆	出浆	压差		进浆	出浆	压差	
2	0	2	82.8	2.5	0.25	2.25	86.7	2.25	1.25	1.1	39.6	3	0.5	2.5	62.2
2.5	0	2.5	82.3	3.0	0.12	2.88	88.18	2.0	0.38	1.62	43	3	0.45	2.55	66.3
3	0	3	88.8	3.25	0	3.25	90.55	3.0	1.25	1.75	44.6	3	0.35	2.65	63.5
3.5	0	3.5	91.88	3.7	0.2	3.5	91.63	3.25	1.33	1.92	50	3.5	0.75	2.75	61.3
								3.25	0.83	2.42	63.2	3.5	0.5	3.0	70.65
								3.95	1.20	2.75	68.8	3.86	0.725	3.12	72.8

压力差越大，净化效率越高。进浆压力与流量也有类似关系。

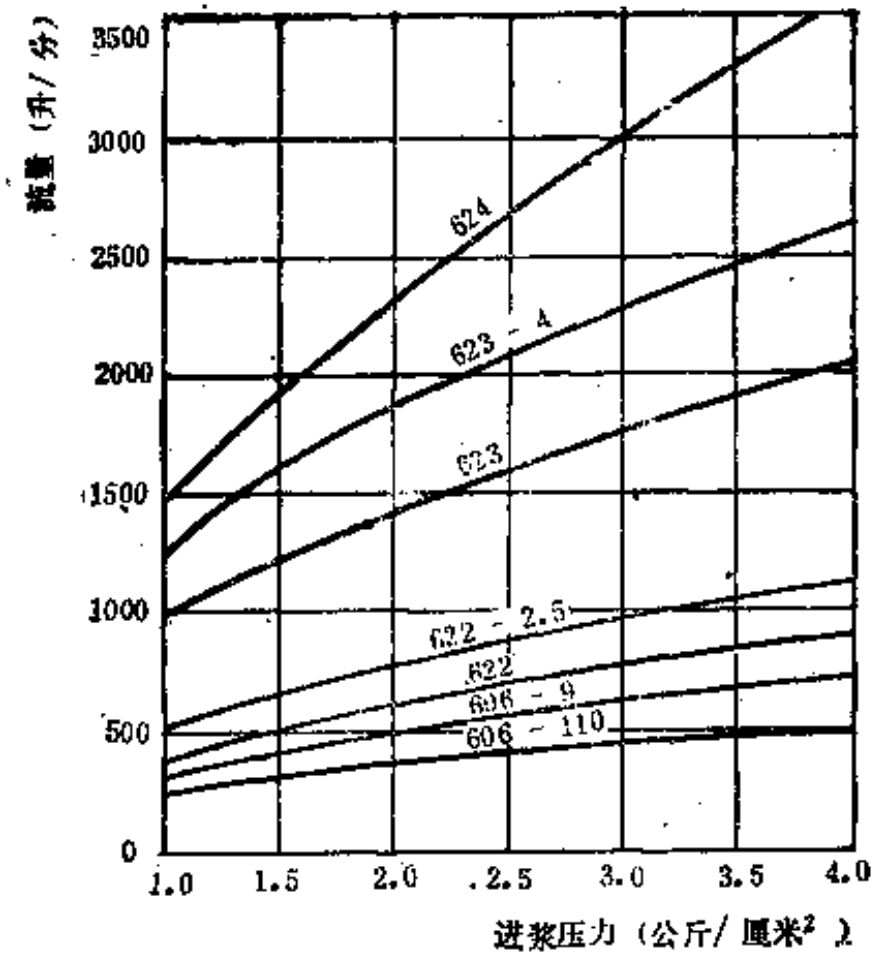


图8-2-62　进浆压力与流量的关系

(3) 排渣口大小对净化效率的影响

表8-2-98　　排渣口大小对净化效率的影响

型　号	606				606A				600			600Ex	
排渣口直径(毫米)	6	8	10	12	6	8	10	12	3.0	4.5	6.0	4.5	6
净化效率(%)	54.7	65	65.8	69.5	61.39	69.55	71.20	74.50	72.2	82.10	80.20	87.2	85
排渣量(克/分)	2.4	4.38	7.23	11	10.75	12.75	21.32	30	2.98	3.36	7.99	2.79	4.06
排渣率(%)	2.37	3.44	2.58	4.94	4.86	5.49	7.92	9.65	22.10	16.80	33.78	16.40	20.95

改变锥形除渣器排渣口大小，不仅影响到尾浆量，而且对提高浆料的净化效率也有直接关系。

4．锥形除渣器型号的选择

（1）顶端直径

离心力与涡旋体半径成反比，所以顶端直径ϕ75毫米的600型，其离心力较ϕ150毫米的606型大，分选效率也高。

（2）锥体长度

锥体越长，浆料在锥体内壁螺旋圈数越多，分离杂质的效果也越好。

表8-2-99　锥形除渣器锥体展开面积与入口面积的比值

606			600	
606—上海	606—仿苏	600—珠江	600	600EX
177	667	712	854	322

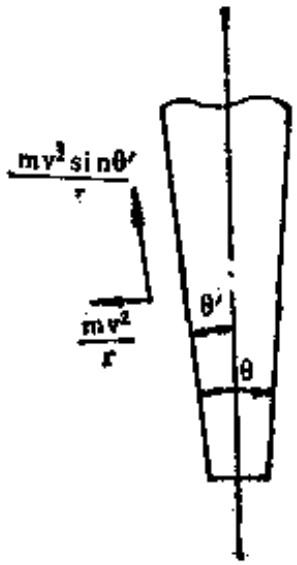


图8-2-63　锥度

这是反应锥体长度的一种相对数字。以606珠江型和600型分离效果较好。

（3）锥度

锥度θ一般为7～10°，锥度越大，$\frac{mv^2}{r}\sin\theta'$也越大，对尘埃的托力也越大，净化效率则越差。

以锥度方面考虑，606—上海型和600EX型净化效率较好。

（4）良浆出口管

良浆出口管大，良浆流出畅通，但流速慢，良浆管内的压力也低。从表8-2-98可知606—珠江型良浆口较大，良浆容易排

表8-2-100　　$\frac{mV^2}{r}\sin\theta'$的 值

600			600	
606—上海	606—仿苏	606—珠江	600	600EX
16.7	120～96.4	104	130	48.5

表8-2-101　　各种型号除渣器的良浆出口管数据

型　　号	606-上海	606-仿苏	606-2珠江	600	600EX
良浆口与入口断面积比	1	1.64	2.8	1.63	0.905
良浆口与入口直径比	1	1.28	1.67	1.28	0.95
良浆口流速(米/秒)	5.1	7.25	4.24	6.25	6.95
良浆管(距入口中心)深度(毫米)	125	100	119	39	4.45

出，可能把尘埃带走，从而降低净化效率，这可用加大良浆管深度的办法弥补。如良浆口不小而良浆管深度较小的，如600型，需以其它因素(如改变排渣口，增加良浆口压力)来改变良浆排出状况。

(5) 根据浆料质量明确除去主要对象：不同浆种，由于用途不一，要除去的尘埃也不同。苇浆中，除去0.1毫米^2以上的尘埃是很重要的。因为在0.1～0.3毫米^2范围的尘埃黑色占多数，影响漂白质量。对于稻麦草浆，除去0.3毫米^2以下的薄壁细胞等杂质及0.1毫米^2以下的尘埃尤为重要。

表8-2-102表明：四种型号的除渣器分离尘埃的效果不同。600型对0.3毫米^2以下的细小尘埃和1.0毫米^2以上较大尘埃有较好分离效果。而600EX型对0.7毫米^2以下的细小尘埃分离效果较好，但对除去长度在2.0毫米以上细长纤维性尘埃效果较差。606型和606A型接近，但对各级尘埃的分离效果不如600型及600EX

表8-2-102　　不同型号除渣器对各级尘埃分离效率的比较

各级尘埃 \ 型号 \ 分离效率		606型			606A型			600EX型			600型		
		进浆	良浆	分离效率(%)	进浆	良浆	分离效率(%)	进浆	良浆	分离效率(%)	进浆	良浆	分离效率(%)
尘埃个数（毫米²/500克）（按面积计）	0.3	508	206	59.5	449	151	66.3	668	78	88.4	846	87	89.6
	0.5	388	131	66.3	303	105	65.3	381	24	93.6	458	2.	93.5
	0.7	290	74	74.4	231	67	71.1	223	20	90.9	198	21	89.5
	1.0	124	25	80	59	0	100	57	16	72.4	49	0	100
	1.5	0	0	—	0	0	0	0	0	—	0	0	—
	2.0	0	0	—	2	0	100	0	0	—	0	0	—
总尘埃度(毫米²/500克)		1210	436	64.6	1064	323	69.55	1329	138	89.6	1551	137	91.1
尘埃个数（个/600克）（按长度计）	0.25～0.5	5545	2914	47.7	5283	3461	34.4	5346	1131	79	8277	1035	87.5
	0.5～1.0	1499	650	56.6	1003	352	65	1973	217	89	2657	244	91.0
	1.5～2.0	585	219	62.5	263	137	48	803	118	85.2	638	62	90.2
	2.0～2.5	352	108	69.4	255	101	60.4	241	196	18.7	927	27	97
	2.5	69	0	100	21	19	95	0	0	0	0	0	0
	3.0	20	0	100	34	0	100	0	0	0	26	0	0
总尘埃度(毫米²/500克)		8070	3891	51.7	6949	4070	41.4	83.63	1662	80	12525	1369	89

注：未漂稻草浆的数据。

型。但在2.0毫米以上细长纤维性尘埃又较600EX好。

(6) 在工艺流程上的位置：型号大，生产能力也大，但净化效率较低。而型号大的如622、623、624型，只能用于除去浆料中较大的杂质。最好放在筛选之前。

型号小的，生产能力较小，一般放在筛选后。

(7) 投资大小和动力消耗：小型号除渣器能力小，排渣率较大，所需台数多，而排渣率大也增加下段的台数和动力。但小型号(如600型)分离效果较好，适用于优质浆的净化。这类设备按二段流程净化化学木浆的经验指出，90%的纤维杂质可以被除去，配备的动力约为1.1千瓦/吨产品，照此电耗约为26度/日·吨产品。

6. 锥形除渣器数量的确定

型号确定后，个数与段数的确定一般应按下列顺序进行：

(1) 通过试验或根据经验数据，选定各段排渣率。

(2) 确定系流流程，进行浆量平衡的计算。

(3) 计算各段需用除渣器个数，并考虑一定备用量。

(4) 选择合适的泵。

7. 锥形除渣器段数和级数的确定

段数和级数的安排应该保证净化的效果，减少纤维流失，同时也要注意节约动力。

"段"是指尾渣净化的次数。增加段数可减少尾渣中纤维流失。"级"是指良浆净化的次数，增加级数可提高净化质量。

确定段数时，所涉及的因素很多，与浆种，尘埃大小和数量，质量要求，流程中的位置以及产量，尾浆量，电耗，经济效果等都有直接关系。而级数主要取决于对纸浆质量的要求。

一般情况下，第一段应首先考虑用606型，因为606型能力较大，使用台数可少些。如质量要求高的，也可选用600型。

第二段和第三段宜采用分离效果较好的600型，因为经过第一段606型后，浆料中尘埃含量较多。

目前一般以三段处理较多，以606型为一段(或前两段)，600

型为后段。至于要不要用四段，五段，应根据前三段的尾浆量，尾浆所含良浆量，及增加一段所增加的泵、电耗、管理费及经济效果等因素来考虑。

精制浆宜采用分离效果较好的600型或600EX型、一般需二级处理。

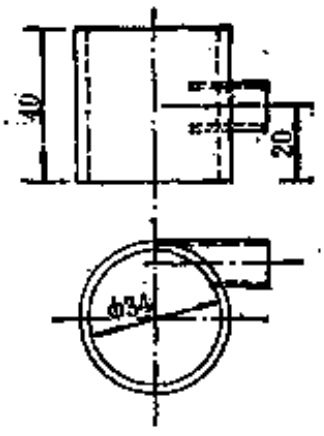
8．节浆器和沉渣罐的使用

节浆器和沉渣罐用以减少纤维流失。节浆器是装在除渣器下方，以切线方向加水的一种简单装置。沉渣罐可以装在节浆器下面，也可直接装在排渣口下面。

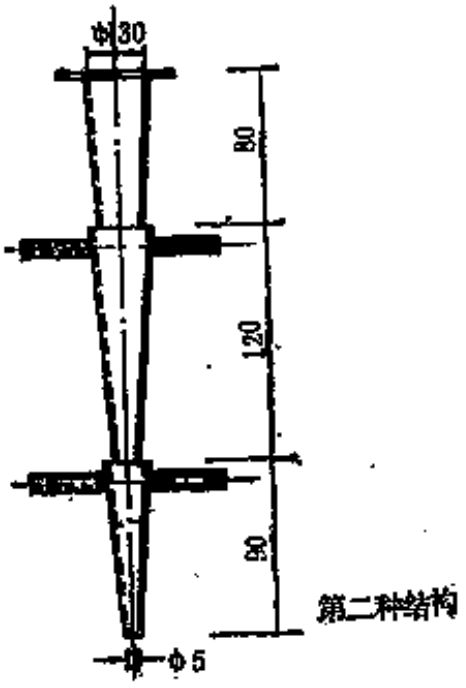
600EX型除渣器装设节浆器(图8-2-64)后排渣率由7～10%下降到2.5～3.0%，降低了浆耗，见表8-2-103。

表8-2-103　　使用节浆器的效果

名　　称	未使用除渣器	使用除渣器未用节浆器	使用节浆器
尘埃个数　(0.5～2.0毫米/米²)	97.3	49.5	22
浆　　耗　(公斤/吨纸)	994.28	1051.61	825.65



第一种结构



第二种结构

图8-2-64　节浆器

9. 锥形除渣器的安装

(1) 锥形除渣器的排列：主要有三种型式：单排、双排和圆形排列。由于排渣是敞开的，这三种型式都有排渣池，操作管理不便。随着密闭排渣系统的出现，排列型式上随之出现了容器式，直列式和内容器式等。直列式又可分为卧式配置和立式配置。

容器式中的容器由二或三个同心管(或容器)组成。内管为良浆总管。两个同心管组成的容器式，外管则为进浆总管，另装排渣管直接连接排渣喷嘴。

由三个同心管组成的容器式，进浆总管为中间管，外管则为排渣总管，如图8-2-66所示。每一支排渣器的排渣端部配有视镜，可以直接观察排渣情况。

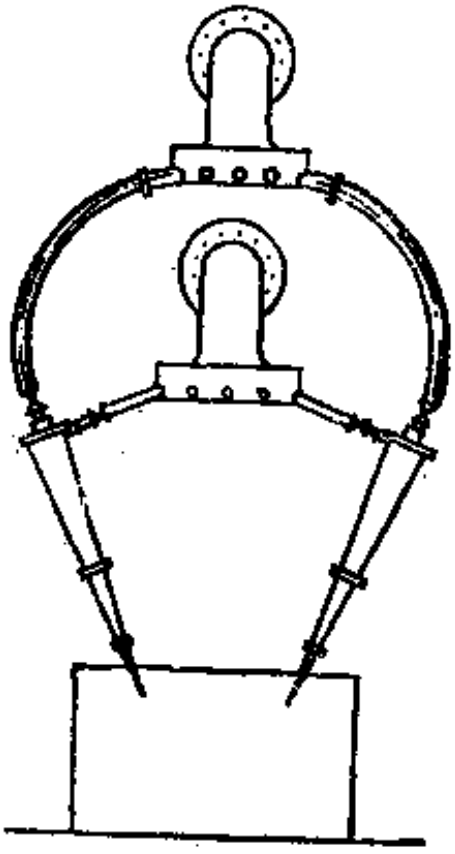


图8-2-65 锥形除渣器圆形排列

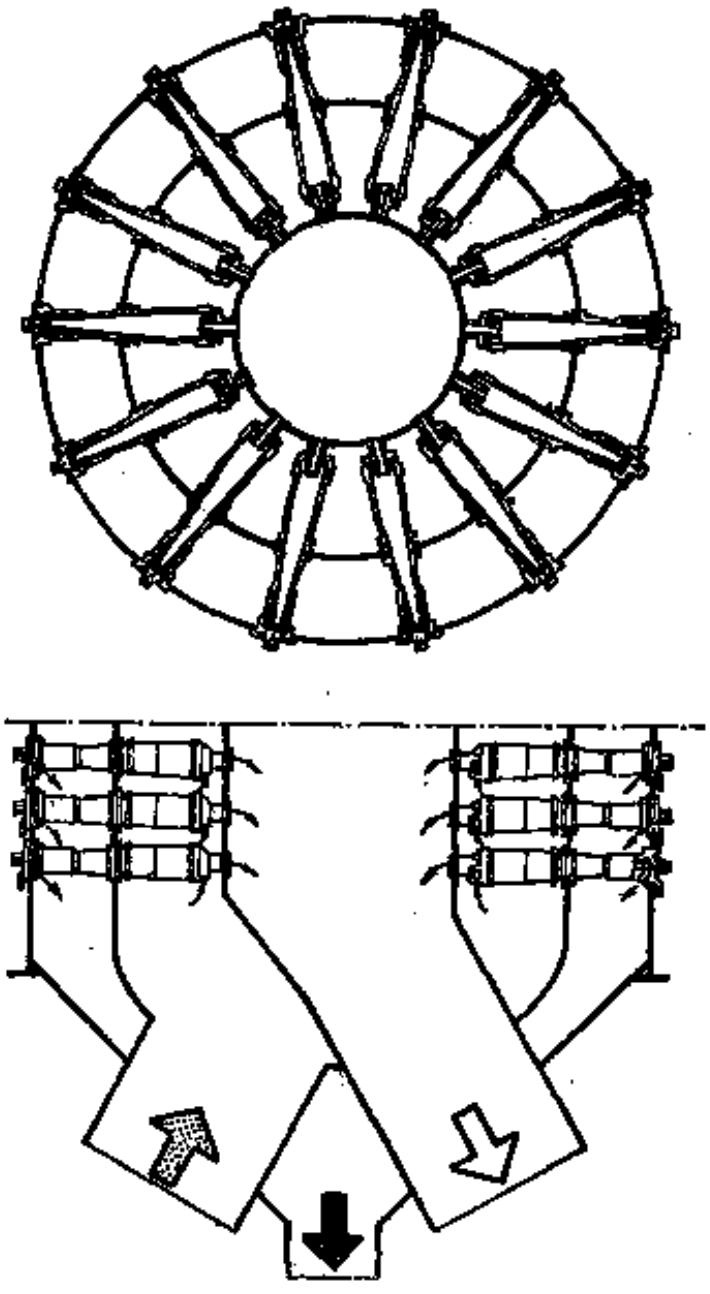


图8-2-66 锥形除渣器容器式排列

（2）总进浆管和总良浆管：进浆管可比良浆管小一点。但以锥形管效果较好。可以使入口与出口端的除渣器流速接近。

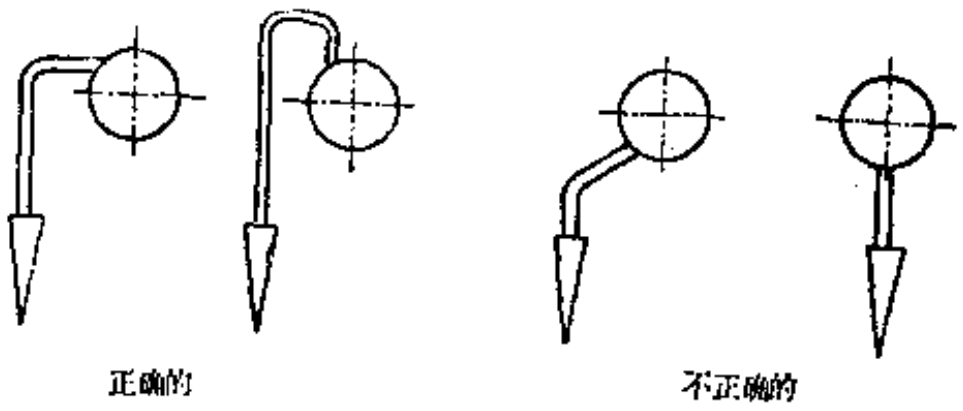


图8-2-67　良浆管的安装方式

（3）尾渣槽：尾渣槽是--混凝土池，内衬瓷砖，槽底有一定坡度，锥形除渣器有几段(级)，尾渣槽应有几个。并且每一尾渣槽应有一定容积，还需配置能保持水位稳定的浮筒阀或相应仪表。

（三）低压差除渣器

1．概述

低压差除渣器的原理与锥形除渣器相同。但压差较小，主要用以除去纸浆中粗大杂质，故常串联在锥型除渣器或压力筛等之前使用，以保护后者的筛板或排渣口不易损坏和堵塞。

一般进浆浓度0.3～0.8%，进浆压力2～2.5米水柱，当直径ϕ1500毫米时，生产能力可达10000～15000升/分。

2．型号和规格

表8-2-104　　低压除渣器的型号规格

型　号	直径(毫米)	进浆口(毫米)	出浆口(毫米)	外形尺寸长×宽×高(毫米)	通过量(升/分)
ZSC1	ϕ1500	ϕ300	ϕ350	1800×1800×3200	10000～15000

表8-2-105　　芬兰思索(EnSO)的低压除渣器

型　　号	640	641	642	643	644
直径(毫米)	ϕ510	ϕ660	ϕ810	ϕ910	ϕ1170
进浆口(毫米)	152	203	254	305	356
良浆口(毫米)	203	254	305	356	457
设备重量(公斤)	360	600	800	850	950
生产能力(升/分)	2400～4200	4100～7000	6100～10500	9100～15500	13000～23000
进浆压力(公斤/厘米^2)	0.4～1.0	0.4～1.0	0.4～1.0	0.4～1.0	0.4～1.0

3. 使用实例

表8-2-106　　低压除渣器的使用实例

浆　　种	直　径(毫米)	高　　度(毫米)	进浆浓度(%)	进浆压力(公斤/厘米^2)	生产能力(吨/日)
福建马尾松机械浆	ϕ920	2530	0.8～1.2	0.5	100～120
广西马尾松机械浆	ϕ550	1554	0.8～1.2	0.5	
	ϕ1000	2080	0.8～1.2	0.5	

4. 进浆压力对生产能力的影响

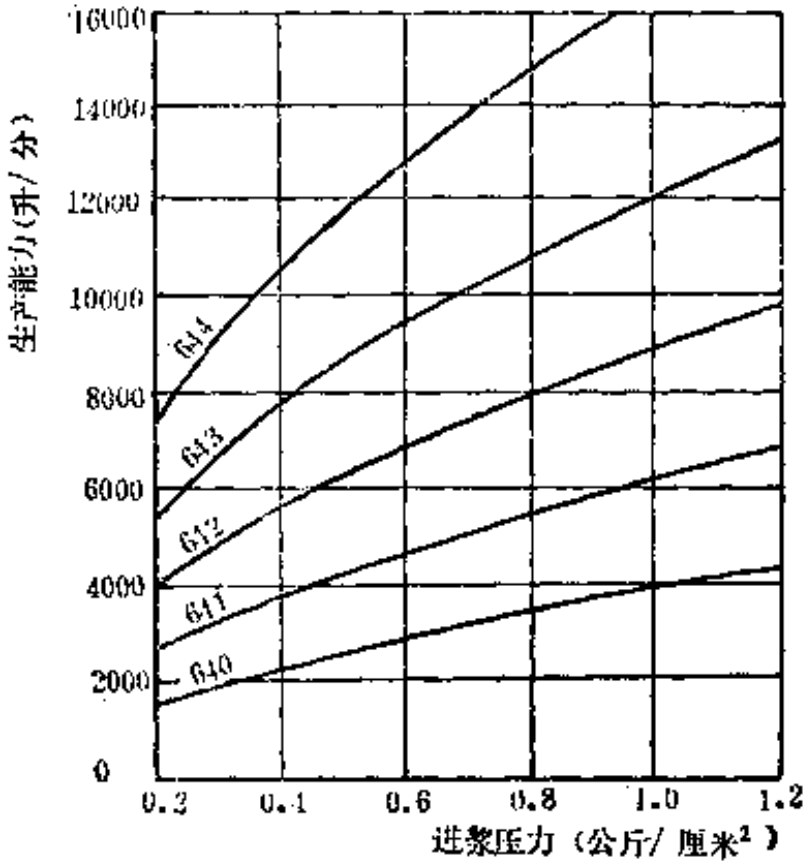


图8-2-68　进浆压力对生产能力的影响

进浆压力一般为0.5～1.0公斤/厘米^2。

（四）柱形除渣器

1. 赛勒科（celleco）除渣器

此系瑞典赛勒科公司产品。它的特点是密闭，浆渣通过装在锥底的浆渣室由软管接到排渣总管排出。锥部用耐磨的瓷质材料制成。

表8-2-107　　赛勒科除渣器型号和规格

型　　号	206型	410型	510型
生产能力（升/分）	500	2000	3100
入口压力（公斤/厘米^2）	2.2～3.0	3.0	3.0
出口压力（公斤/厘米^2）	0.2～1.0	0.2～1.0	0.2～1.0
浆 渣 量（升/分）	10～50	25～200	150～200
冲洗水需要量（升/分）	0～75	0～150	0～200
冲洗水压力（公斤/厘米^2）	3	3	3
净　重 I型（公斤）	16	65	70
II型（公斤）	20	75	80

注：410型610型主要用于造纸前。

上述产品可以安上S型、R型、G型浆渣室，称为SI型、RI型及GI型除渣器。这几种浆渣室还可以装一个纤维回收装置（洗净器），好纤维可以利用洗净水洗净返回，不被排出，这种装置称为II型。

G型浆渣室的出现，使许多除渣器的浆渣可以只用一个公用的带压力的浆渣管上的阀门控制。另一方面又可预防浆渣或空气从公用的浆渣管吸回到除渣器中，不致降低除渣器内可达500毫米汞柱以上的真空度，以保证净化效果。

赛勒科CRO系统（Common Reject orifice）是指将G型浆渣室安装在206型底部，8～12个以上除渣器并联运转，连同公用的浆渣排出管系统。其特点如下：

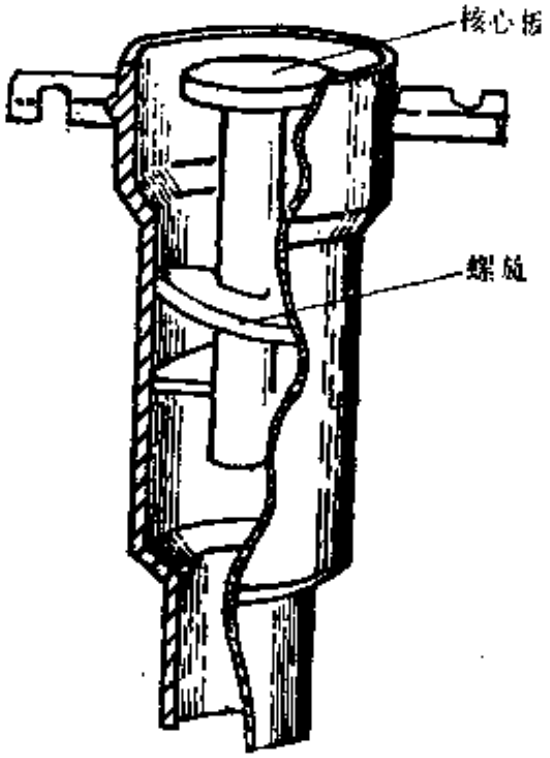


图8-2-69　G型降渣室

（1）浆渣排出口大，浆渣不易堵塞。

（2）用一个阀门就可控制浆渣。

（3）由于系统密封，不会吸入空气或喷浆，可以消除泡沫，充分利用白水。

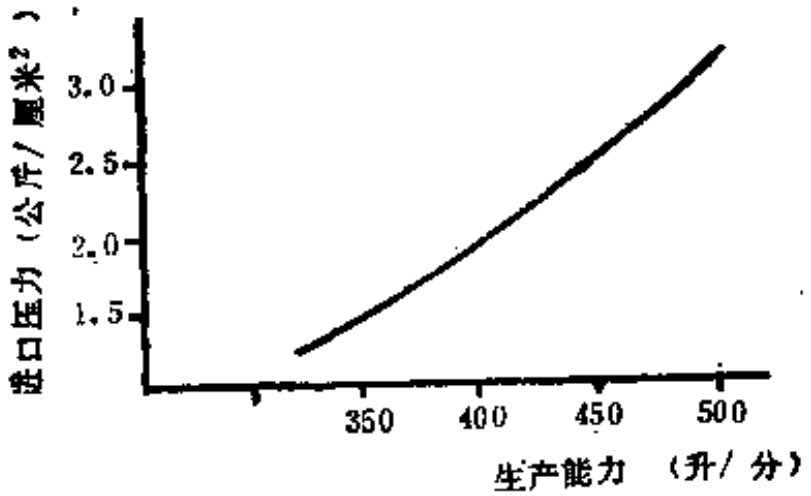


图8-2-70　进口压力与生产能力的关系

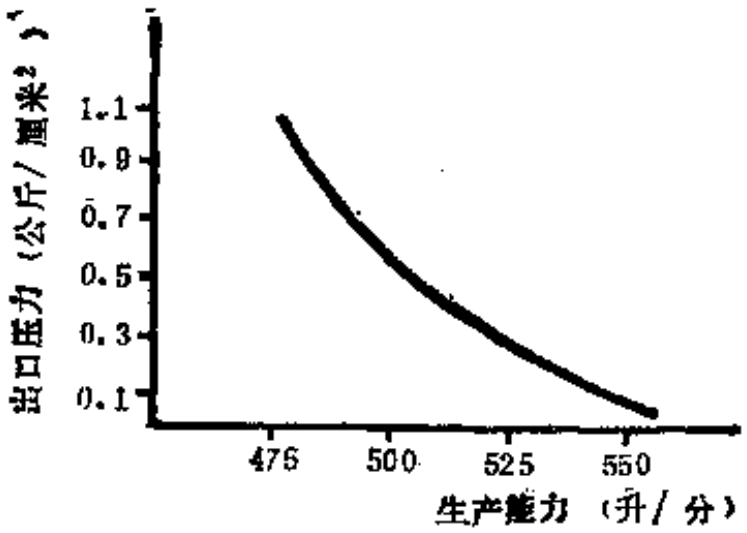


图8-2-71　出口压力与生产能力的关系

注：图8-2-70、8-2-71的共同条件是：206型处理磨木浆，浓度0.8%，排渣量30升/分。

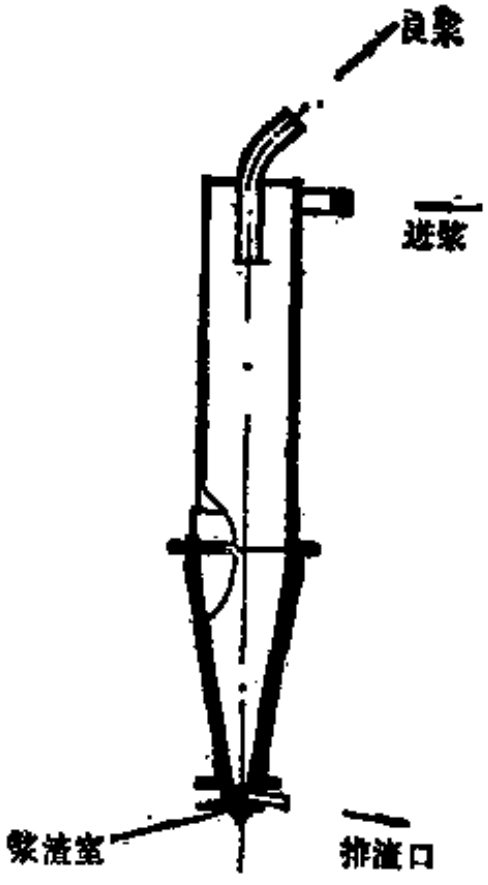


图8-2-72　阿尔皮亚除渣器

近几年来，又出产cleanpac型除渣器，外壳用聚酰胺树脂注塑而成，进口处只有一个开口，截面积大．可防止停机后开始起动时浆块堵塞。排渣喷嘴是一单独部件，便于更换，同时改进了良浆室的结构，以消除漩涡及腐浆的聚集和沉积。

每一个除渣器都有一由排渣喷嘴和视镜构成的排渣室，可以避免相邻除渣器的排渣给浆料流动带来的干扰。

clean pac 130型除渣器可以处理任何高温浆料，进浆浓度可达1.2%，在压力降0.95公斤/厘米²时能力为125升/分。

2．阿尔皮亚(Albia)除渣器

这是瑞典产品。结构类似赛勒科除渣器，也由三部分组成：

（1）带有入口和出口的圆柱体；

（2）耐磨瓷质材料制成的锥部；

（3）浆渣室。

表8-2-108　　阿尔皮亚除渣器

型　号	入口压力(公斤/厘米²)	出口压力(公斤/厘米²)	生产能力(升/分)
300	2.5	2.3～2.4	300
900	2.4	2.0～2.1	700
2700	3	1.5	1500

三种型号都可装浆渣室。也可接一纤维回收装置，适用于最后一段。浆渣的数量可用移动浆渣室本体来调节，还可用冲洗水量调节。冲洗水越多，粗渣浓度和好纤维含量越低。冲洗水加得太多，也会使尘埃在浆渣室或本体内积聚，并引起很大磨损。为

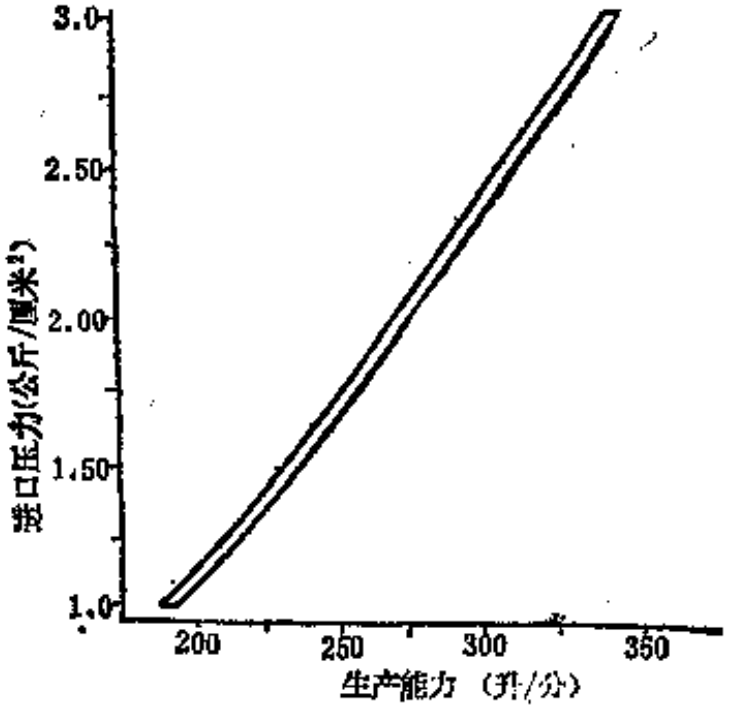


图8-2-73　阿尔皮亚300型能力图

注：条件：良浆压力0.2公斤/厘米²，浆料浓度0.5%，浆渣流量恒定。

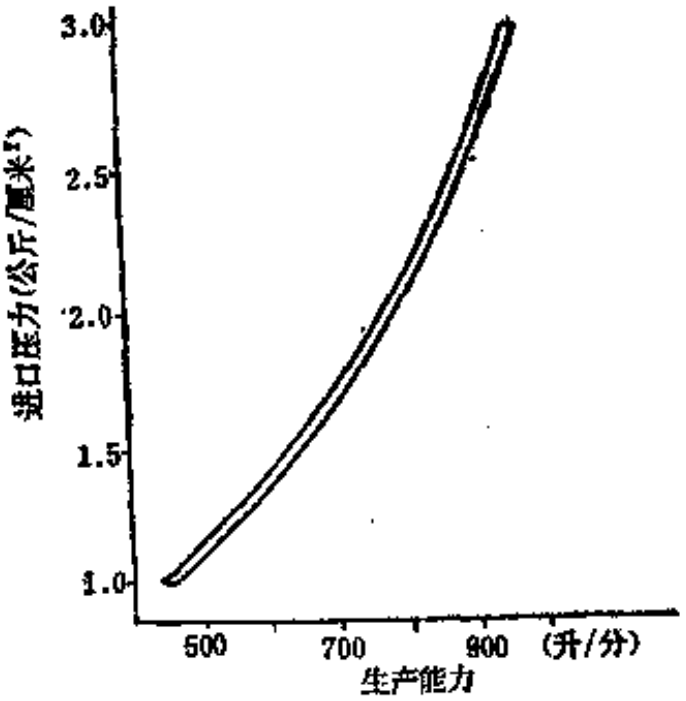


图8-2-74　阿尔皮亚900型能力

注：条件：良浆压力0.2公斤/厘米²，浆料浓度0.5%，浆渣流量恒定在25升/分。

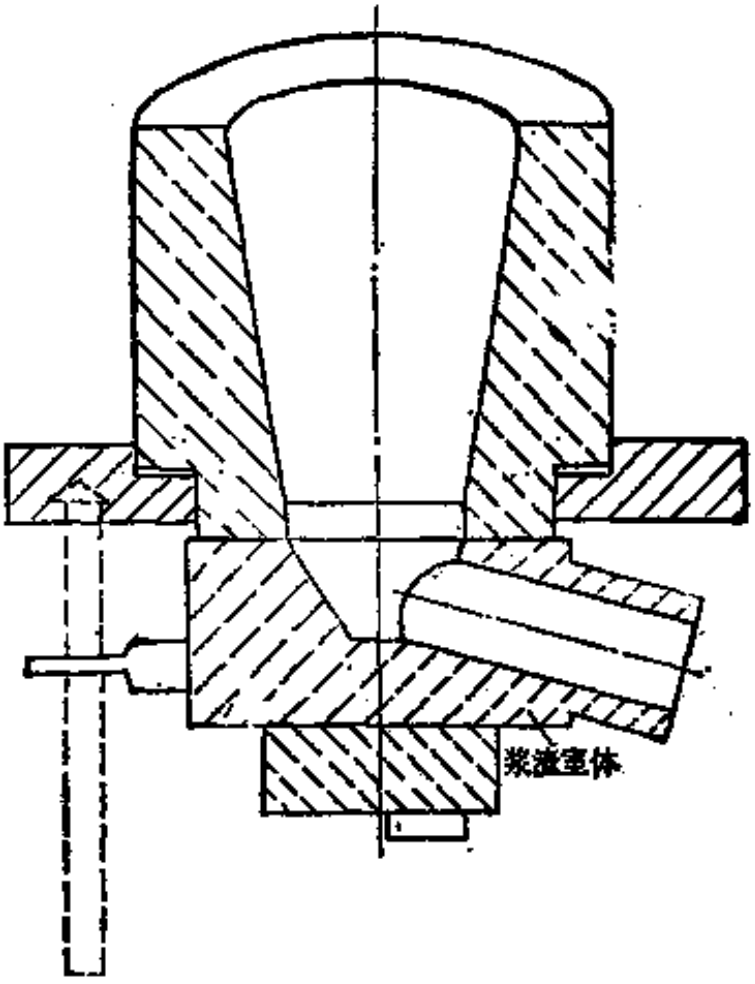


图8-2-75　最小渣子流量的浆渣室位置

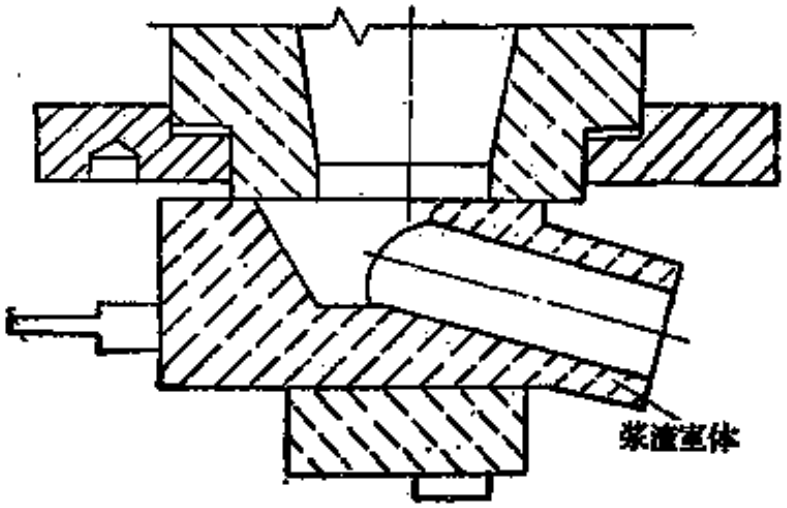


图8-2-76　最大渣子流量的浆渣室位置

获得均匀的浆渣排出量，最好保持恒定的冲洗水压力。

某厂在木片磨木浆车间中使用了阿尔皮亚除渣器，其型号、规格如表8-2-109所示。

表8-2-109　　某厂使用的阿尔皮亚除渣器

段数	型号	数量（个）	筒径×长（毫米）	全长（毫米）	入口直径（毫米）	出口直径（毫米）	能力（升/分）
一段	300	60	ϕ125×460	790	44.5	44.5	300×60
二段	300	16	ϕ125×460	790	44.5	44.5	300×16
三段	900	2	ϕ200×930	1400	76	76	700×2

表8-2-110　　使用阿尔皮亚除渣器的工艺条件

段数	一段	二段	三段
入口压力（公斤/厘米^2）	3.0～3.5	2.6～3.0	2～2.6
出口压力（公斤/厘米^2）	0.5～0.8	0.4～0.6	0.3～0.5
入口浓度（%）	0.6～0.9	0.5～0.8	0.5～1.0
出口浓度（%）	0.5～0.8	0.4～0.7	0.4～0.7

六、粗渣处理设备

（一）梳状磨节机

1. 概述

梳状磨节机是一种木节浆粗磨设备，它有一回转轴上装有带刀槽的转子，转子外周的底刀由一圈三棱形的梳刀组成。辊的横切面为梳齿状，刀与刀的间距为1.5～2.5毫米。

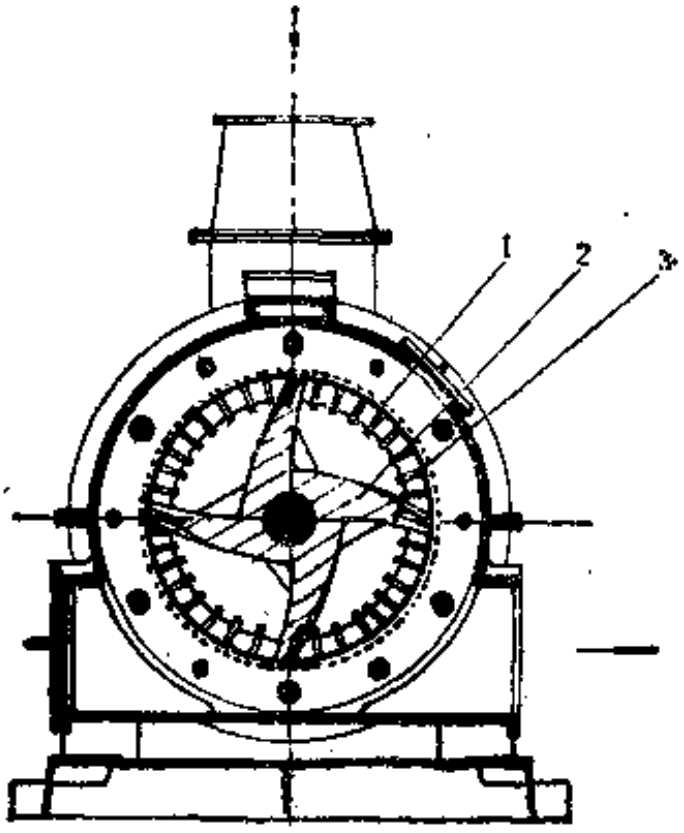


图8-2-77　梳状磨节机

木节浆进口浓度3%左右，单位电耗约150度/吨。经梳状磨节机磨碎后渣浆需进一步打浆，主要用圆盘磨和水钢磨，其它形式的打浆设备也可以使用。

2. 型号和规格

表8-2-111　　梳状磨节机的型号规格

型　号	转子规格（毫米）	转　速（转/分）	叶片数	梳　刀	重　量（公斤）	电动机功率（千瓦）
ZDJ9	ϕ598×735	587	4	3段（每段长226，每组15根）	2180	4.5

表8-2-112　　用于硫酸盐木节浆时的工艺条件

浆　种	进浆浓度（%）	出浆浓度（%）	生产能力（吨/日）
马尾松硫酸梳浆	2～3	1～2	3～6

（二）圆　盘　磨

1. 概述

圆盘磨是处理粗渣的一种常用设备。分单盘磨和双盘磨两种。磨盘由天然石或人造石制成，两种磨石各有优缺点。

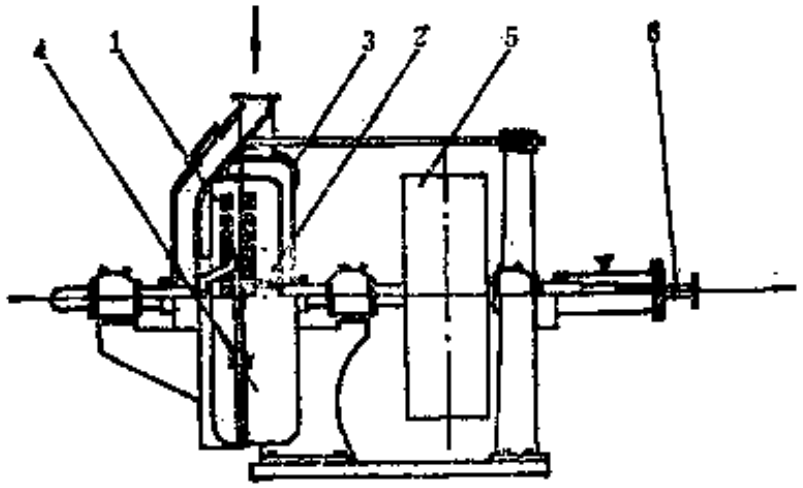


图8-2-78　圆盘磨

2. 型号和规格及使用实例

表8-2-113　　圆盘磨型号规格

型　号	圆盘直径（毫米）	转　数（转/分）	电机型号	功　率（千瓦）	重　量（公斤）	说　明
ZDP8	330	1460	$JO_2$71—4	22	800	
ZDP3	600	875	JR115—4 JR114—4 $JO_2$92—4 $JO_2$91—4	130 115 75 55	3661	根据工艺需要任选一种
ZDP9	1250	250～260	$JO_2$82—6	40	3700	
QZ13(图号)	1000		J71—4	20	2230	

表8-2-114　　用圆盘磨处理粗渣实例

浆　种	圆盘直径（毫米）	电机功率（千瓦）	进浆浓度（%）	出浆浓度（%）	生产能力（吨/日）
马尾松机械木浆	1000	60	2～3	1.5～2.5	2.5
马尾松机械木浆	1250	55	2～3	1.5～2.5	2.5～3.5
马尾松机木浆	1250	55	2～3	1.5～2.5	5
马尾松机械木浆	1250	40	2～3	1.5～2.5	5

七、筛选和净化的流程

（一）设备选用情况

粗选除节普遍使用高频振框式平筛，效果良好，并且喷液装置已作了改进。但是随着压力除节机的发展，可以在热压及密闭

系统中进行粗选，不仅改善了操作条件，减少污染，而且可以降低能源消耗，使未蒸解分在热浆压力系统内，将筛选和精磨相结合成为可能，从而提高了得率。

精选设备种类很多，振动式、离心式、压力式都在使用，但总的趋势是高频代替了低频，离心式代替了振动式，压力式在不断发展。比较常用的有Cx型(ZSL型)、Kx 型离心筛及高频振动圆筛。

净化设备中沉砂沟对某些长纤维原料及机械浆有一定效果。但已普遍采用锥形除渣器，以600型及606型最为广泛。带有排渣室密闭系统的新型锥形和柱形除渣器还在不断发展。

低压除渣器和其它筛选或净化设备串联，以一台浆泵供浆的方式已广泛使用。含薄壁细胞较多的草类纤维浆料，使用跳筛有一定效果，但流失大。

节子的处理，除回煮外多采用圆盘磨或锥形精磨机进行疏解。也有直接在喷放锅内或喷放锅后先予疏解的。

（二）流程的确定

在粗选除节方面，先洗涤后除节和先除节后洗涤两种流程都在用，各有优缺点。

精选流程：一般大中型厂普遍采用二段精选。以便提高第一段精选效率，保证质量。也有的中小型厂，为保证漂白浆质量，采用平筛和圆筛串联的二段精选。

净化过程以锥形除渣器最为普遍，目前以三段居多，第一段以606型为主，第二段、第三段则600型、606型均可。在对浆料质量要求较高的漂白浆或精制浆中，有采用二级三段或多段（四至六段)净化的。

（三）几种浆的筛选和净化流程

1. 硫酸盐木浆

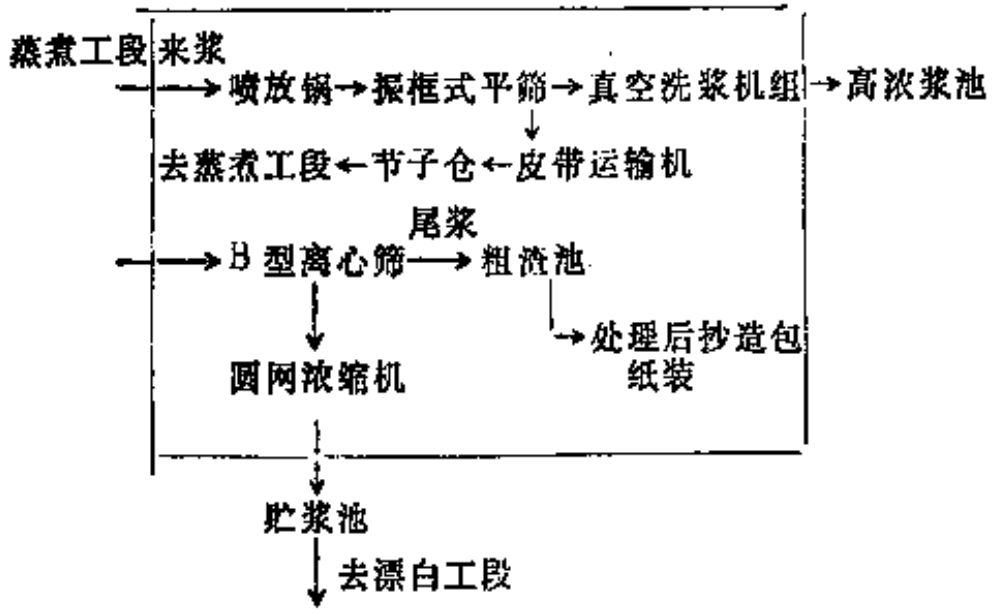


图8-2-79　硫酸盐木浆流程之一

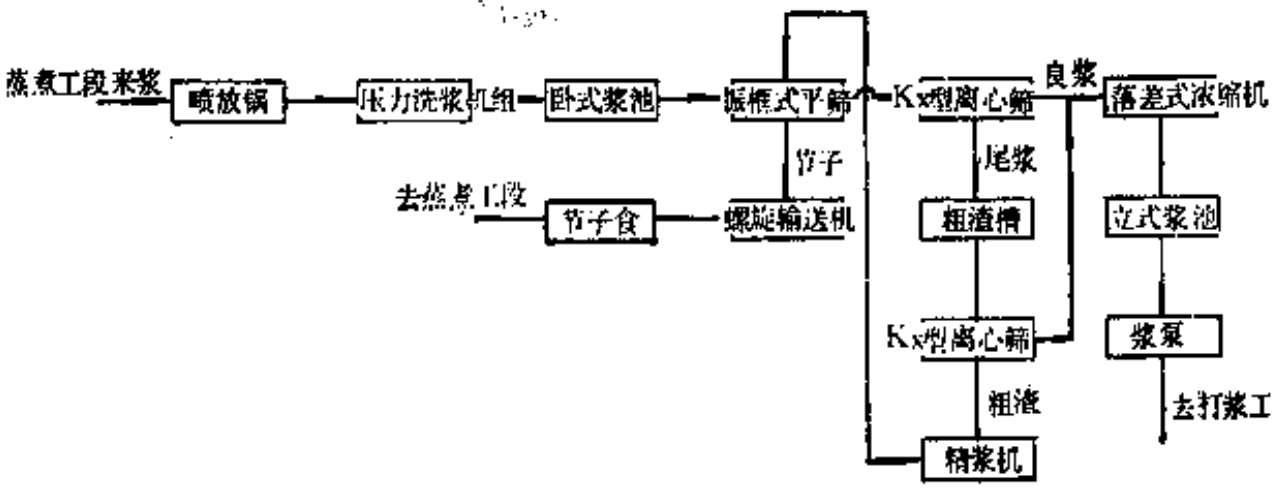


图8-2-80　硫酸盐木浆流程之二

2．亚硫酸盐木浆

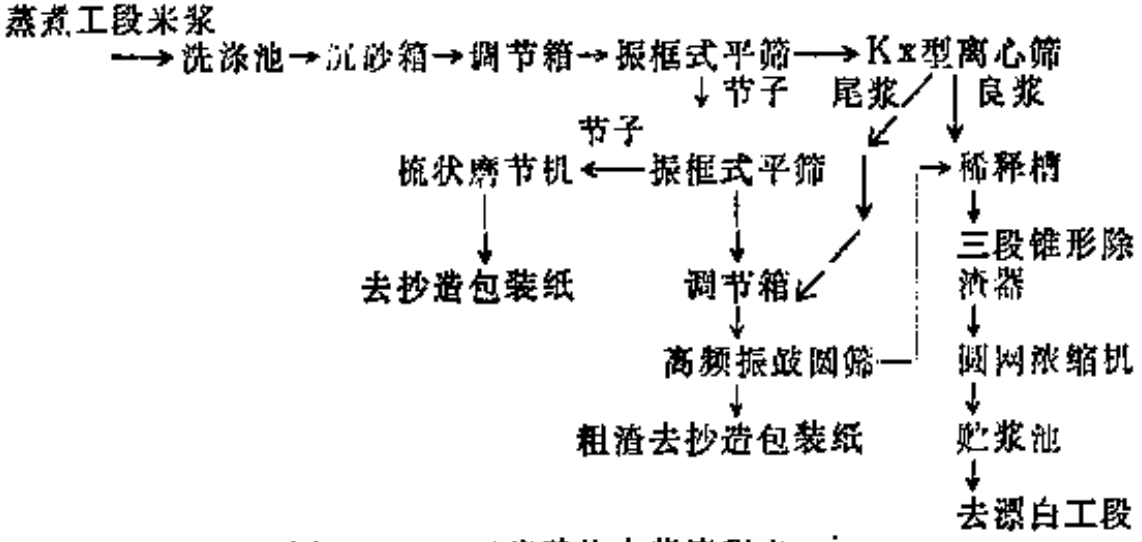


图8-2-81　亚硫酸盐木浆流程之一

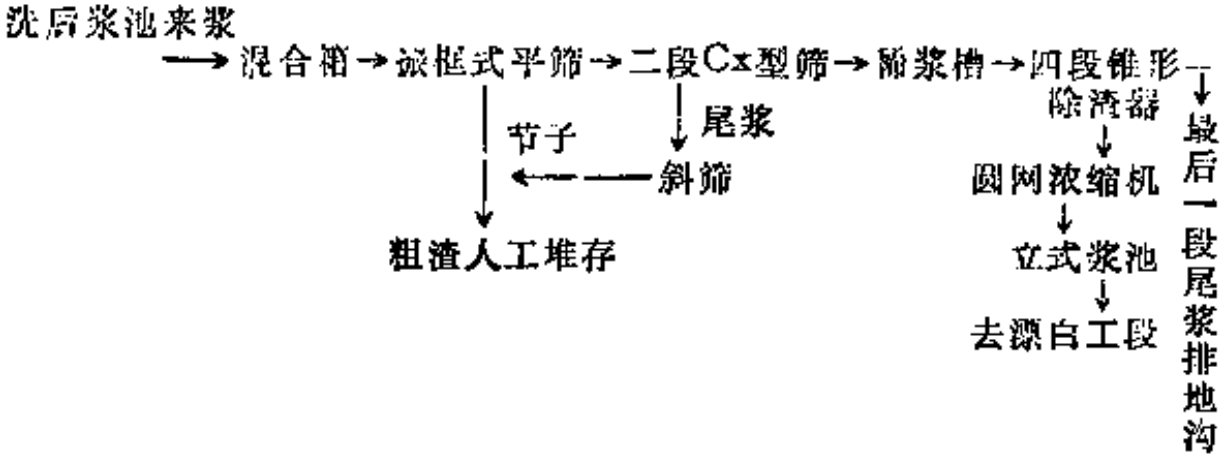


图8-2-82　亚硫酸盐木浆流程之二

3. 机械木浆

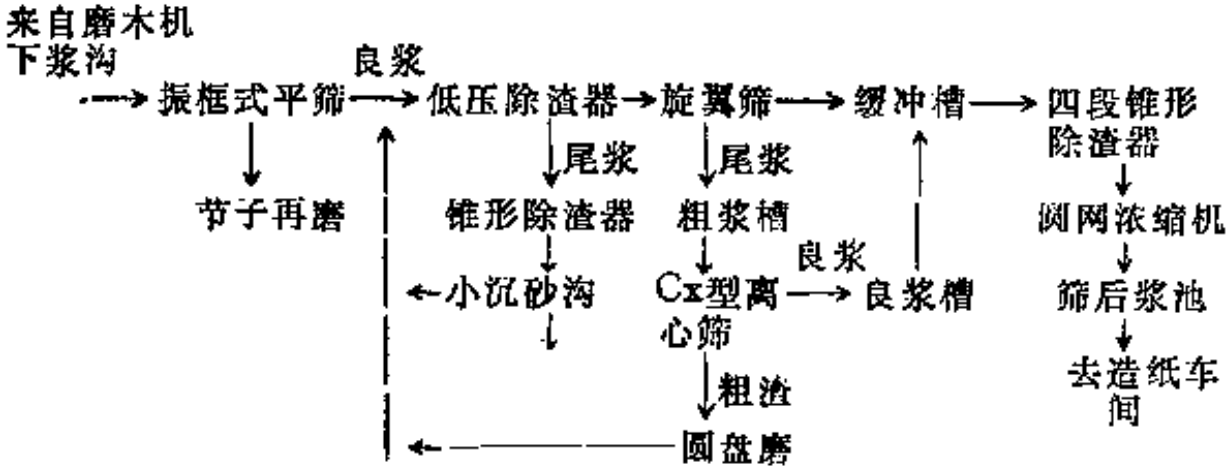


图8-2-83　机械木浆流程之一

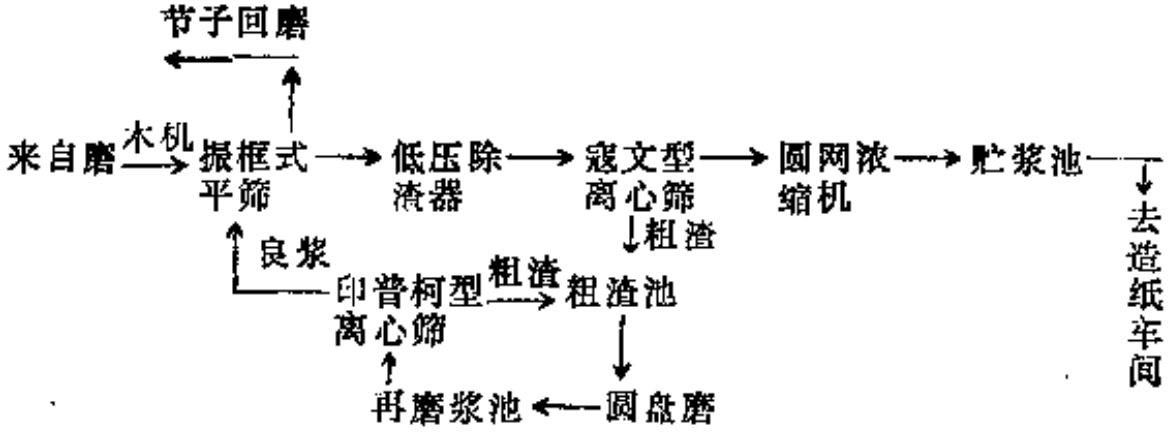


图8-2-84　机械木浆流程之二

4. 苇浆

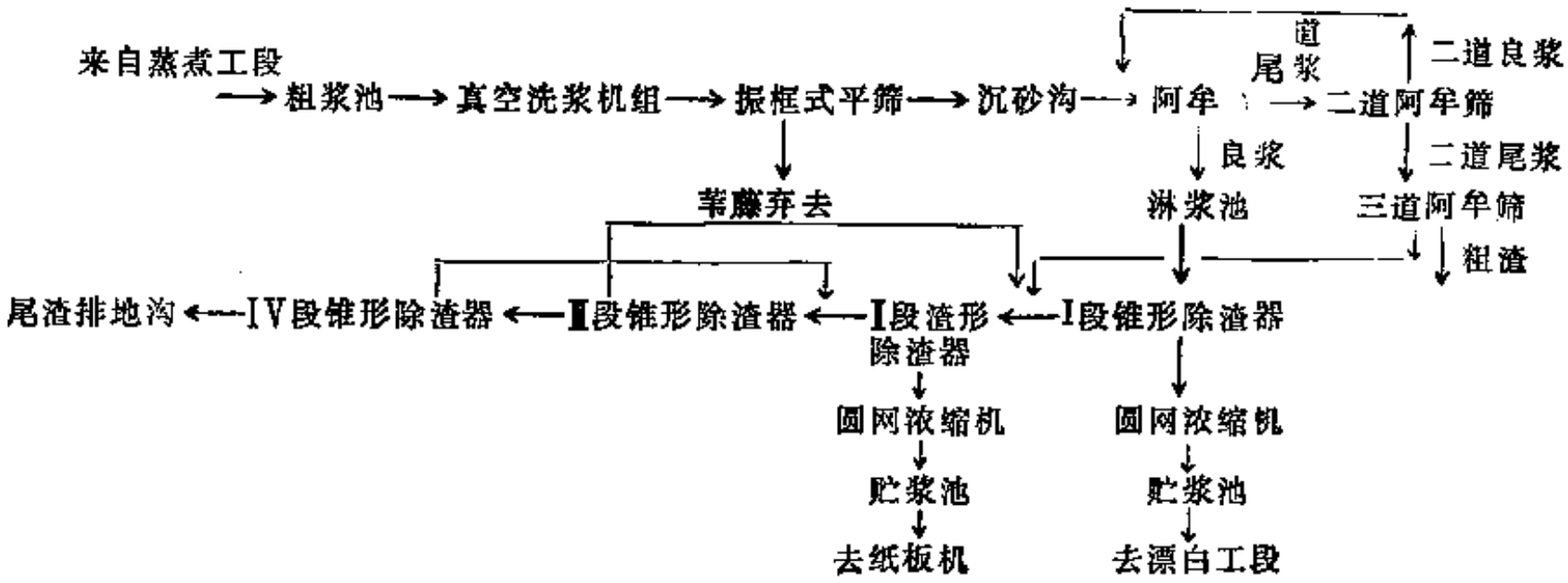


图8-2-85　亚硫酸盐苇浆流程

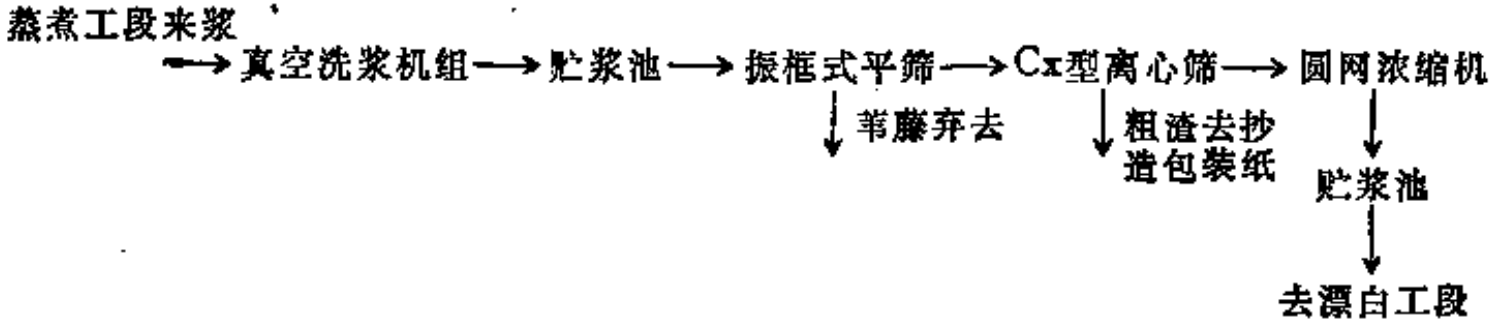


图8-2-86　碱法苇浆流程

5. 稻麦草浆

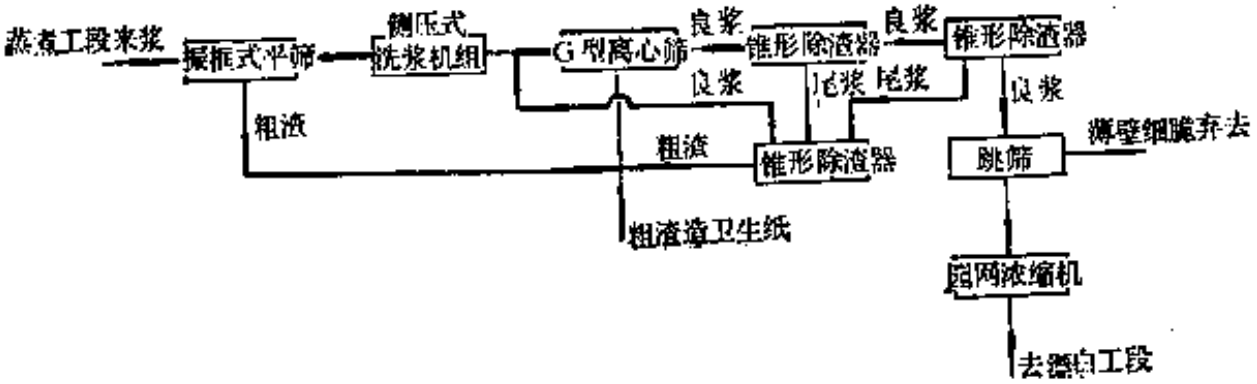


图8-2-87　稻麦草浆流程之一

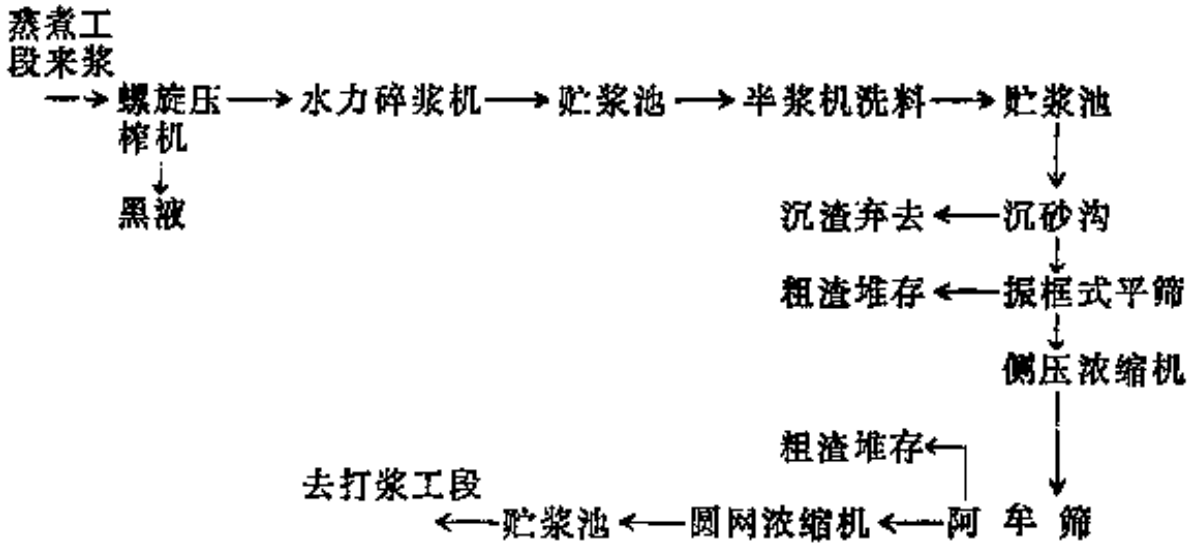


图8-2-88　稻麦草浆流程之二

6. 蔗渣浆

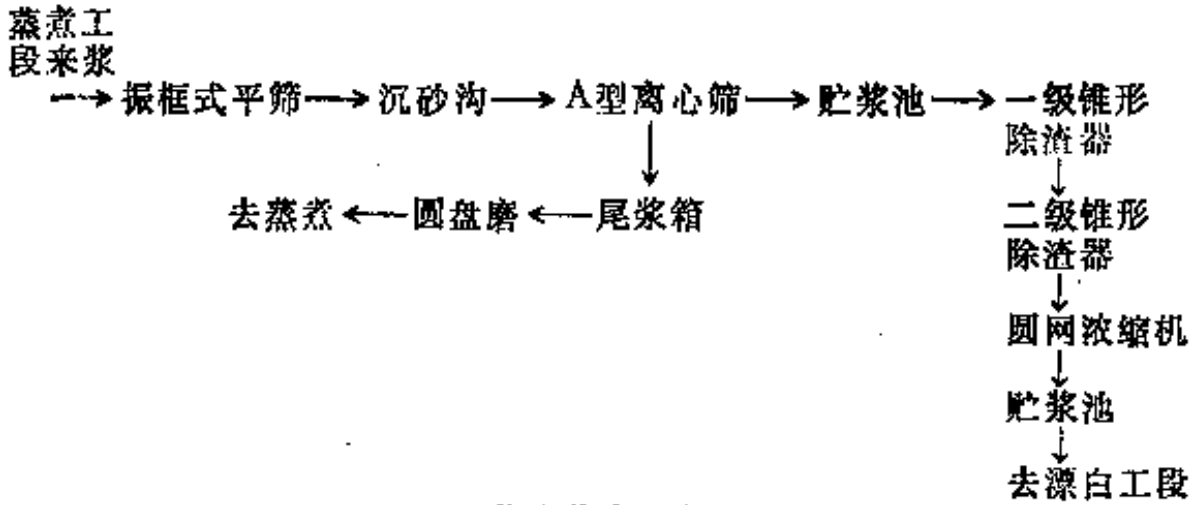


图8-2-89　蔗渣浆流程之一

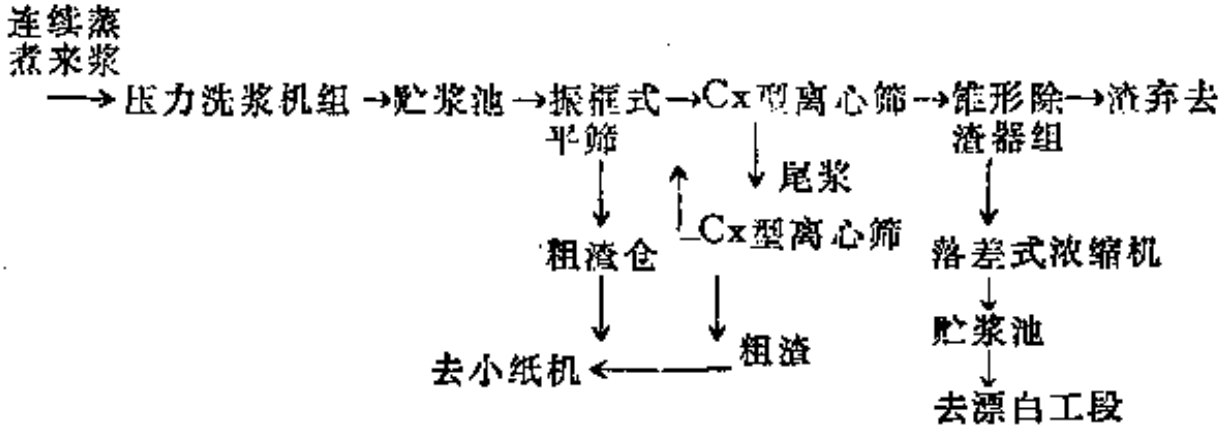


图8-2-90　蔗渣浆流程之二

7. 棉浆

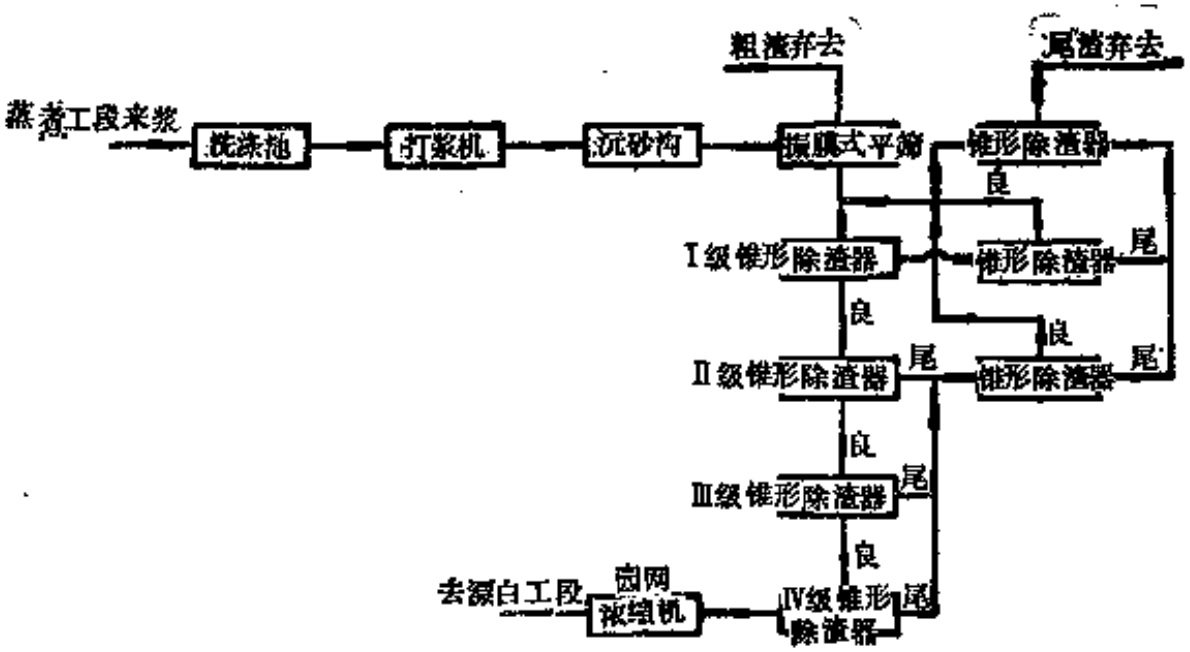


图8-2-91　棉浆筛选和净化流程

第三节　浆料的浓缩

一、概　　述

一般精选后的浆料浓度约0.3～0.7%，即使提高浓度，良浆浓度也只有2%左右。这样低的浓度给输送和下一工序的处理带

来很多不便。因此要把精选后的浆料浓缩到3～4%，甚至 8 %以上，使其达到适用的浓度。

目前常用的浓缩设备有圆网浓缩机和侧压式浓缩机。也有用真空浓缩机及落差式浓缩机。

在浓缩过程中，从浆料里排出的白水应该尽量回用，主要是用作筛选浆料的稀释水。

二、浓缩设备

（一）圆网浓缩机

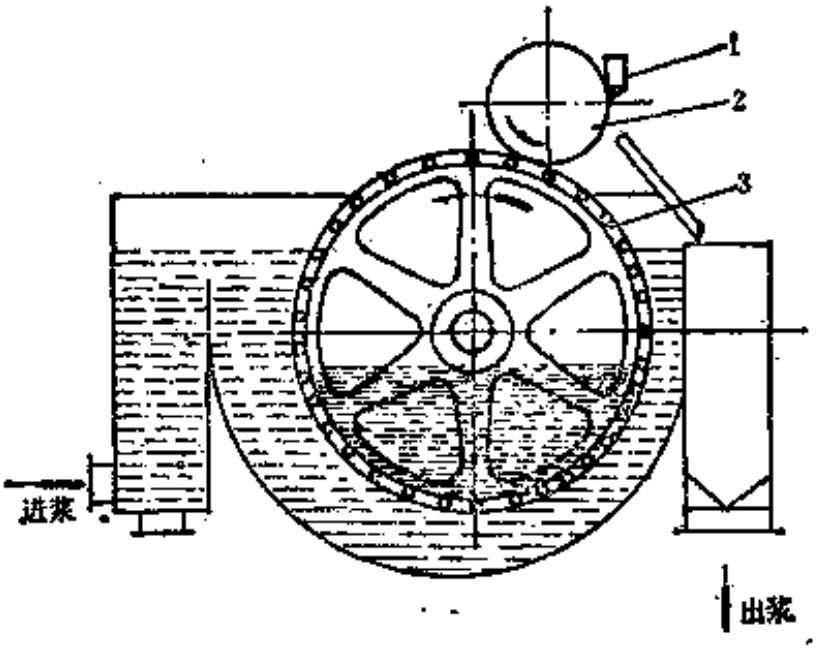


图8-3-1　圆网浓缩机

1-刮刀　　2-伏辊　　3-圆网

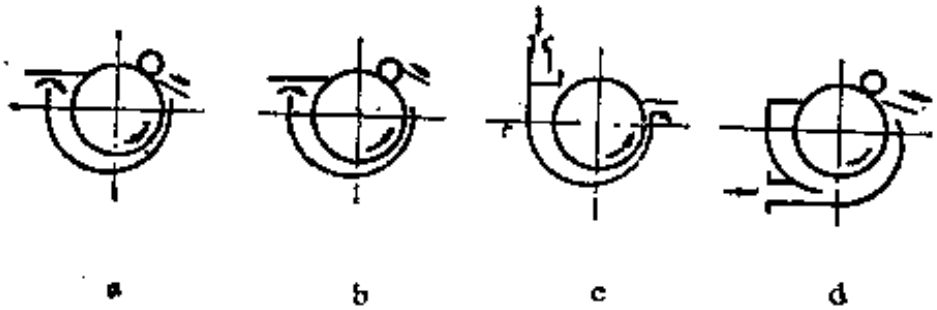


图8-3-2　圆网浓缩机的浆槽形式

表8-3-1　　圆网浓缩机的型号和规格

型　　号	ZNW、	ZNW$_2$	ZNW$_3$	ZNW$_4$
形　　式	有刮刀	无刮刀	有刮刀	有刮刀
圆网面积　(米^2)	3.5	5	8	14
圆网尺寸　(毫米)	ϕ1000×1270	ϕ1000×1800	ϕ1250×2000	ϕ1500×3000
圆网转速　(转/分)	10	14	8	9～12
压辊尺寸　(毫米)	ϕ320×1270		ϕ400×2030	ϕ460×3075
压辊线压(公斤/厘米)	0.5～1.0	0.8	0.8	1.0
进浆口　(毫米)	ϕ100	ϕ150	ϕ250	ϕ300
出浆口　(毫米)	ϕ250		ϕ250	ϕ300
电动机　(1台)	JO$_2$-112S-6	JO$_2$-100L-6	JO$_2$-140S-6	JO$_2$-140S-6
功　　率　(千瓦)	3	2.2	5.5	5.5
外形尺寸	2900×4000×2000	3350×2270×1420	4600×3000×2200	5400×3000×2300
浆槽形式	图8-3-2a或b	图8-3-2c	图8-3-2a或b	图8-3-2d
重　　量　(公斤)	3100	1200	4700	5500
被取代图号	FQZ 1444	QZ14141	FQZ1443	FQZ1470

表8-3-2　　圆网浓缩机使用的工艺条件

型　　式	进浆浓度(%)	出浆浓度(%)	生产能力(吨/米^2·日)	白水浓度(克/升)
无刮刀式	0.3～0.9	3～4	1.2～4	0.06～0.08
有刮刀式	0.3～0.8	5～7	1～2	0.06～0.08

表8-3-3　　无刮刀圆网浓缩机的生产能力

浆　　种	化学木浆	机械木浆	苇　　浆	稻麦草浆
生产能力(吨/米^2·日)	3～4	1.2～1.5	2.5～3	1.2～2

加拿大霍珀(Hooper)公司生产的寇文式圆网浓缩机的浆槽形式见图8-3-2e，其特点是压辊及刮板可根据生产需要调整成无刮刀式，用于浓缩机械木浆及化学木浆的能力如下：

表3-3-4　　寇文式圆网浓缩机的生产能力

浆　种	进浆浓度（%）	滤液浓度（%）	出浆浓度（%）	不同圆网规格时生产能力(吨/日)		
				φ1070×3050	φ1220×3330	φ1220×3810
机械木浆	1.0	0.04	5	50	60	70
化学木浆	1.0	0.005	5～6	75	125	175

（二）侧压式浓缩机

侧压式浓缩机结构较特殊，在进浆侧形成一高浆位浆槽，而在出浆侧的下方低液位处，借一压辊来封闭浆槽与网鼓之间的间隙。浆位差较大，压辊的线压较高，进浆浓度2～4%，出浆浓度可达7～12%。

压辊是一包胶辊，其两侧有加压装置，借螺杆和螺母可调节压辊和网鼓间的间隙，调节范围2～40毫米。

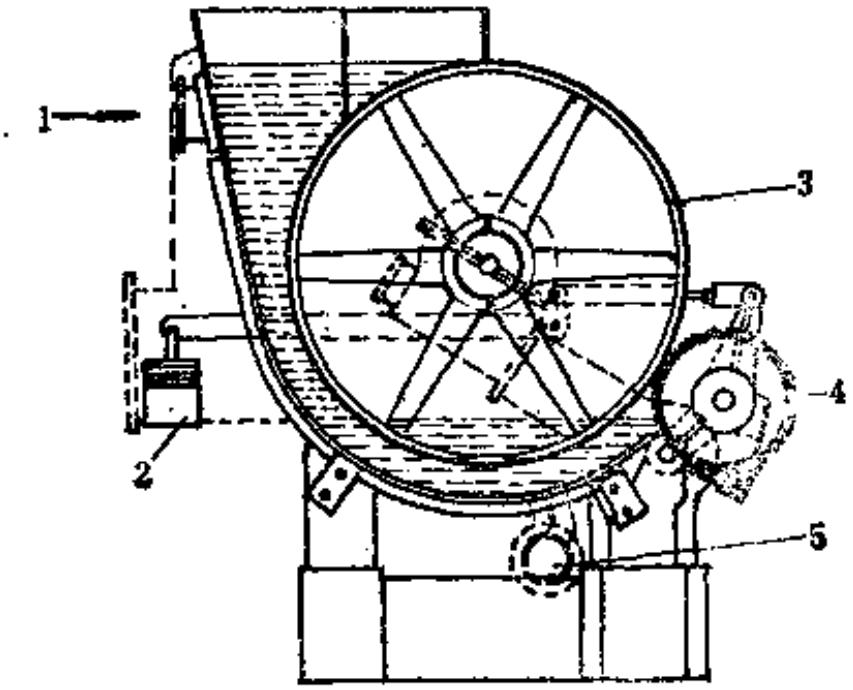


图8-3-3　侧压式浓缩机

1-进浆　2-与伏辊连接的平衡锤　3-网鼓　4-压辊　5-洗涤水管

表8-3-5　　侧压式浓缩机的型号和规格

型　号	ZNC1	ZNC2	ZNC3	ZNC4	ZNC4J
生产能力（吨/小时）		2.5～3	3.5～4.5	6～8	6～8
过滤面积（米²）	3.7	4.5	7	12	12
圆网尺寸（毫米）	ϕ1200×1000	ϕ1500×1000	ϕ1500×1500	ϕ1500×2500	ϕ1500×2500
压辊尺寸（毫米）	ϕ457×1000	ϕ505×1000	ϕ505×1500	ϕ505×2500	ϕ505×2500
圆网转速（转/分）	4	5	5	5	5
电机型号	JO$_2$32-4	JO$_3$-112M-4	JO$_3$-112M-4	JO$_3$-112M-4	JO$_3$-112M-4
功　率（千瓦）	3	5.5	5.5	5.5	5.5
外形尺寸（毫米）		3000×2670×2900	3000×3670×2900	3000×3670×2900	3000×3670×2900
重　量（公斤）	2000	3200	3500	4500	4500

注：定型产品中已无ZNC1型号。

表8-3-6　　侧压式浓缩机使用的工艺条件

进浆浓度（%）	出浆浓度（%）	白水浓度（%）	喷水量（米³/吨浆）	生产能力（吨/米²·日）	
				稻麦草浆	木　浆
2～4	7～12	0.025～0.04	80～100	1.5～2.5	5～7

（三）真空浓缩机

真空浓缩机的结构原理和真空洗浆机相同，只是用作浓缩时是单台操作，有时根据浆料性质需要衬胶。用作洗浆时是多台串联使用。其型号、规格见表8-3-7和8-3-8。

表8-3-7　　真空浓缩机的型号和规格

型　　号	ZNK_4	ZNK_{4J}	ZNK_9	ZNK_{9J}	ZNK_{15}	ZNK_{15J}
过滤面积(米²)	5		10		15	
转鼓规格(毫米)	φ1750×1000		φ2600×1370		φ2600×2000	
转　　速(转/分)	1.5～4.5		0.8～2.4		0.8～2.4	
电机型号	JO_2-41-6		JO_3-112M-6		JO_3-112L-6	
功　　率(千瓦)	3		4		4	
重　　量(公斤)	6670	6860	12800	14000	(估)14000	(估)15500
外形尺寸(长×宽×高)(毫米)	3117×3150×2450		4673×3990×3560		4688×5500×3200	
备　　注	不衬胶	衬胶	不衬胶	衬胶	不衬胶	衬胶

表8-3-8　　真空浓缩机使用的工艺条件

进浆浓度(%)	出浆浓度(%)	洗涤水用量(米³/吨浆)	上网浆层适宜厚度(毫米)		生产能力(吨/米²·日)		
			硫酸盐木浆	稻麦草浆	阔叶树硫酸盐木浆	松木硫酸盐浆	稻麦草浆
0.8～1.5	8～12	7～10	25～30	15～20	5.0～6.0	6.5～7.5	2.0～2.5

（四）无分配阀式浓缩机

1. 落差式(管式)

其工作原理与真空浓缩机相似，只是形成真空的方法不同。转鼓与真空浓缩机的转鼓在外层上相同，也分成若干互不相通的小格，但它的每小格都与自己的一根或二根水腿短管相通。

当转鼓进入浆位以下时，由于液位差作用，使白水能穿过滤网进入短管内。并逐步排除管内空气直至完全充满水为止。而纤维则上网形成滤层。当转鼓转到高于鼓内水位之后，该部分小格的短管开始排水，由水位落差产生真空作用，使滤层进一步脱水，直到排液短管下部管口离开鼓内液面时真空消失，浆层则被剥浆辊剥离排出。

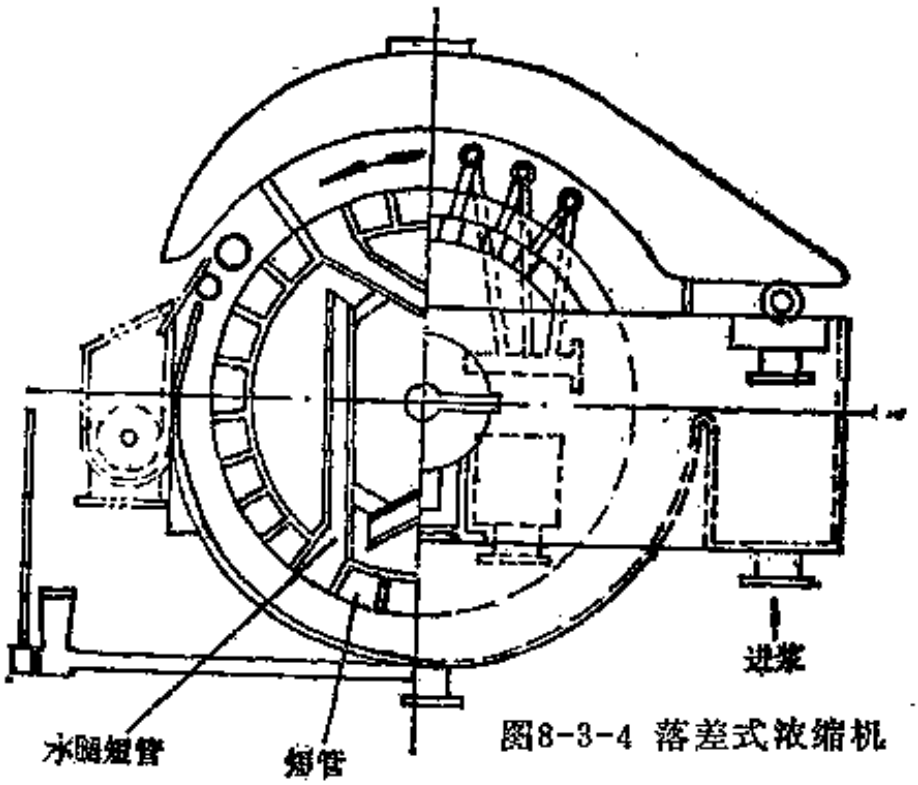


图8-3-4 落差式浓缩机

表8-3-9 国内曾使用的落差式浓缩机型号和规格

型　号	ZNL_1	ZNL_2	ZNL_3	ZNL_4	ZNL_5	ZNL_6	
公称过滤面积(米²)	5	10	15	25	35	45	65
转鼓规格(毫米)	φ2000×1145	φ2600×1430	φ2600×2105	φ3500×2400	φ3500×3300	φ3500×4600	φ3500×500
转速(转/分)	0.54～4.63	0.42～3.48	0.45～3.97		0.6～3		1.23～3.69
刮浆辊直径(毫米)	130	130	130	152	152	152	152
刮浆辊转速(转/分)	9.23～78.4	9.23～76.6	9.23～86.7		15.3～76.5		30～90
水腿管内径×长度(毫米)	φ65×1350	φ65×1800	φ65×1800		φ100×2300		φ137×2300
水腿管根数(根)	27	42	66		66		90
设备重量(公斤)	5500	8500	9500		30100		39800
设计日产量(吨/日)	30	55	80	120	170	220	
电动机	JZT_2-41-4 3千瓦1台 JZT12-4 0.8千瓦1台	JZT_2-42-4 4.25千瓦1台 JZT21-4 1.1千瓦1台	JZT_2-51-4 5.9千瓦1台 JZT21-4 1.1千瓦1台		JZT_2-61-4 11.8千瓦1台		22千瓦直流电机
主要材料	塑　料	塑　料	塑　料	型钢，包胶不锈钢管	型钢，包胶不锈钢管	型钢，包胶不锈钢管	不锈钢
被取代图号	SQZ141	SQZ142	SQZ143	SQZ144	SQZ146	SQZ148	

落差式浓缩机不需要高位安装、也不需要真空系统。为了获得较高的真空度，转鼓直径不能太小，使水腿短管具有一定长度。其生产能力介于真空浓缩机与圆网浓缩机之间。

表8-3-10　　ZNL系列落差式洗浆机规格

项目 \ 型号	ZNL_1	ZNL_2	ZNL_3	ZNL_4	ZNL_4J	ZNL_5	ZNL_5J
1. 过滤面积(米²)	5	10	15	25		35	
2. 转鼓规格(毫米)	φ2000×1145	φ2600×1430	φ2600×2105	φ3500×2400		φ3500×3300	
3. 日产量(吨/日)	18～30	33～55	48～80	75～130		110～180	
4. 转速(转/分)	0.46～4.63	0.35～3.48	0.4～3.97	0.3～3		0.6～3	
5. 进浆浓度(%)	0.7～1	0.7～1	0.7～1	0.7～1		1～1.2	
6. 出浆浓度(%)	7～9	8～12	8～12	8～12		10～14	
7. 电动机(转数)	JZT_2-41-4,3千瓦	JZT_2-42-4,4.25千瓦	JZT_2-51-4,5.9千瓦	JZT_2-52-4,8.85千瓦		JZT_2-61-4,11.8千瓦	
8. 外形尺寸(毫米)	3920×3030×2800	4100×3800×3400	4100×4300×3400	6040×5010×5135		6000×5940×4400	
9. 重量(估计)(公斤)	5500	8500	10000	21370		30370	

注：本系列为今后定型产品。

表8-3-11　　落差式浓缩机使用的工艺条件实例

浆种	公称面积(米²)	转鼓规格(毫米)	进浆浓度(%)	出浆浓度(%)	生产能力(吨/日)
本色马尾松硫酸盐浆	44	φ3500×4000	0.8～1.2	13～15	185
漂白马尾松硫酸盐浆	20	φ2500×2500	2～3.5	9～10	80
未漂硫酸盐芒秆浆	20	φ2500×2500	1～1.5	12～16	80
漂白亚硫酸盐芦苇浆	11.5	φ1750×2100	1～1.5	5～6	

表8-2-12　　JEH型落差式浓缩机的规格

公称过滤面积（米²）	转鼓规格（毫米）	转速（转/分）	刮浆辊规格（毫米）	电机型号	功率（千瓦）	短管内径×长（毫米）	短管根数（根）
44	φ3500×4000	1.2～3.5	φ152×4000	JZT₂52-4	11	φ1800×2300	30
20	φ2500×2500	0.86～3.4	φ95×2500	A160-6	2.5～10		

注：此系芬兰劳马一雷波拉(RAUMA-REPOLA)公司的产品。

表8-2-13　　JEH型落差式浓缩机系列规格

转鼓直径（毫米）	2000	2500	3000	3000	3000	3500	3500
转鼓宽度（毫米）	2000	2500	2500	3200	4000	4000	5000
公称过滤面积（米²）	12.6	19.7	23.5	30	37.6	44	55

注：此系芬兰劳马一雷波拉(RAUMA-REPOLA)公司的产品。

2．淘式

这是用装在转鼓内的特殊真空淘来代替水腿短管，其原理和落差式相似的一种浓缩机。其排水断面积较水腿短管式大。因此可提高出浆浓度和生产能力。

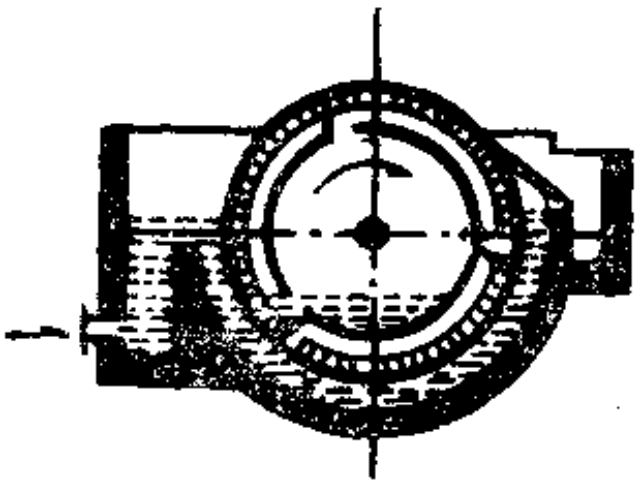


图8-3-5　淘式浓缩机

产品的型号和规格较多，名称也不一样，但结构相似。附件包括剥离装置，清洗滤网的喷水管。也可带有1个挤水辊或1～2个压榨辊。

其进口浓度的适应范围较大，可以0.2%到1.5%。不带压榨辊时出浆浓度为8～12%．带挤水辊时可达12～15%，带压榨辊

及挤水辊时可达18～20%。当进浆浓度0.4～0.5%，出浆浓度8～10%时，用于亚硫酸盐木浆的生产能力为5～7.2吨/米^2·24小时。苏联的Б40—3.4/3.75浓缩机也是这种结构型式，转鼓规格 ϕ3400×3750，40米^2。进浆浓度0.5%，出浆浓度16～18%，其生产能力为6.25吨/米^2·24小时。

表8-3-14　　沟式浓缩机的规格

型　　号	转鼓直径（毫米）	转鼓长度（毫米）	产品净重（公斤）
MFA2520～MFA2650	ϕ2600	2000～5000（间隔500毫米共7台）	9400～16000
MFA3020～MFA3060	ϕ3000	2000～6000（间隔500毫米共9台）	13000～21800
MFA3530～MFA3570	ϕ3500	3000～7000（间隔500毫米共9台）	22000～35600

（五）双圆网和锥网浓缩机

表8-3-15　　双圆网和锥网浓缩机

名　　称	图　号	圆网规格（毫米）	转速（转/分）	电机型号	功率（千瓦）	能力（吨/日）	重量（公斤）
双圆网浓缩机	QZ14138G	ϕ500×900	14.6	JO$_2$41-6	3	10～15	1288
锥网浓缩机	QZ1410	ϕ456/ϕ780×1800	8.9	JO31-4	0.6	0.5（风干浆/时）	2460

双圆网浓缩机的第1只圆网的作用类似侧压式浓缩机。槽底浆层经过两网之间挤压后借重力带到第2只网面，经过辊压榨后被刮下。

锥网浓缩机圆网锥度为1:5.56，所用网目为40～65目/英寸。

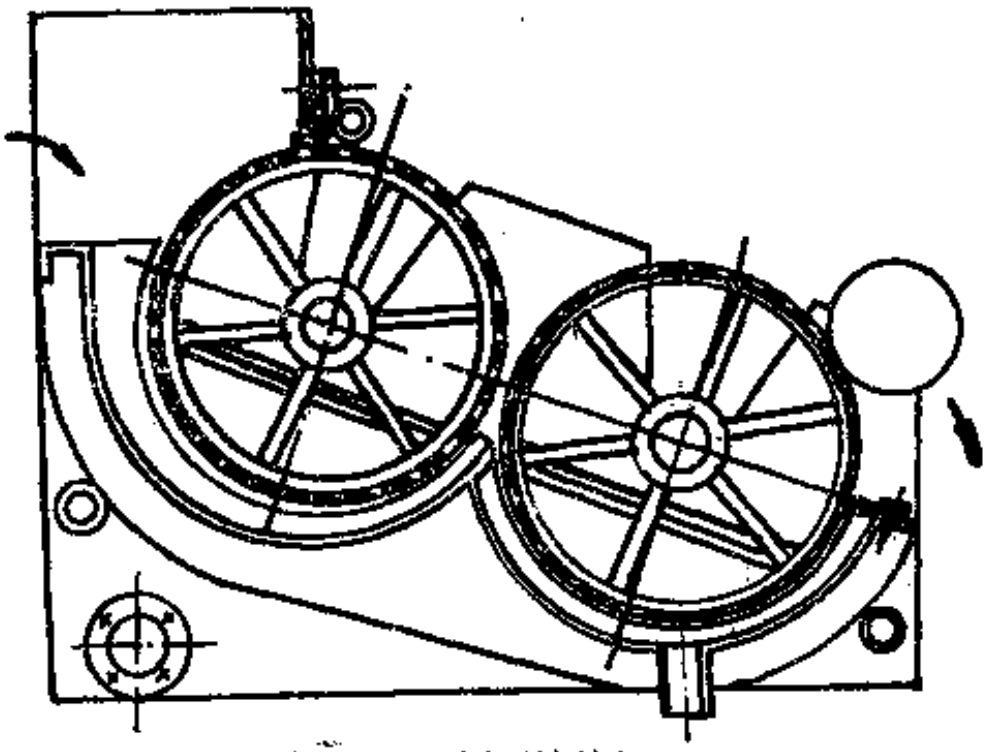


图8-3-6 双圆网浓缩机

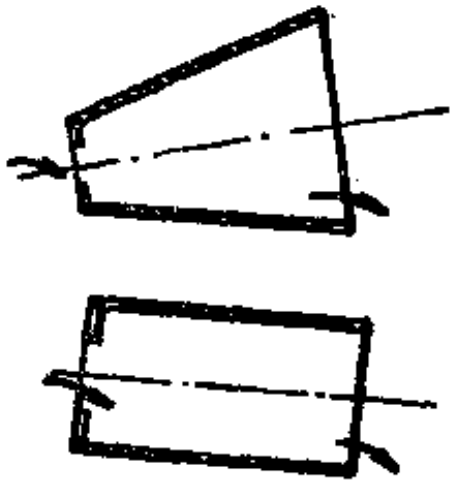


图8-3-7 锥网浓缩机两种形式

（六）多盘式纤维回收机

又称多盘式真空过滤机，产生真空的原理与转鼓式真空浓缩机相同，只是滤网装在圆盘的两侧面，6个或更多的圆盘装在空心轴颈的主轴上，圆盘的分格与主轴全周的分格相同，并与一端或两端的分配阀连通，因此在同样直径与长度下，与真空浓缩机

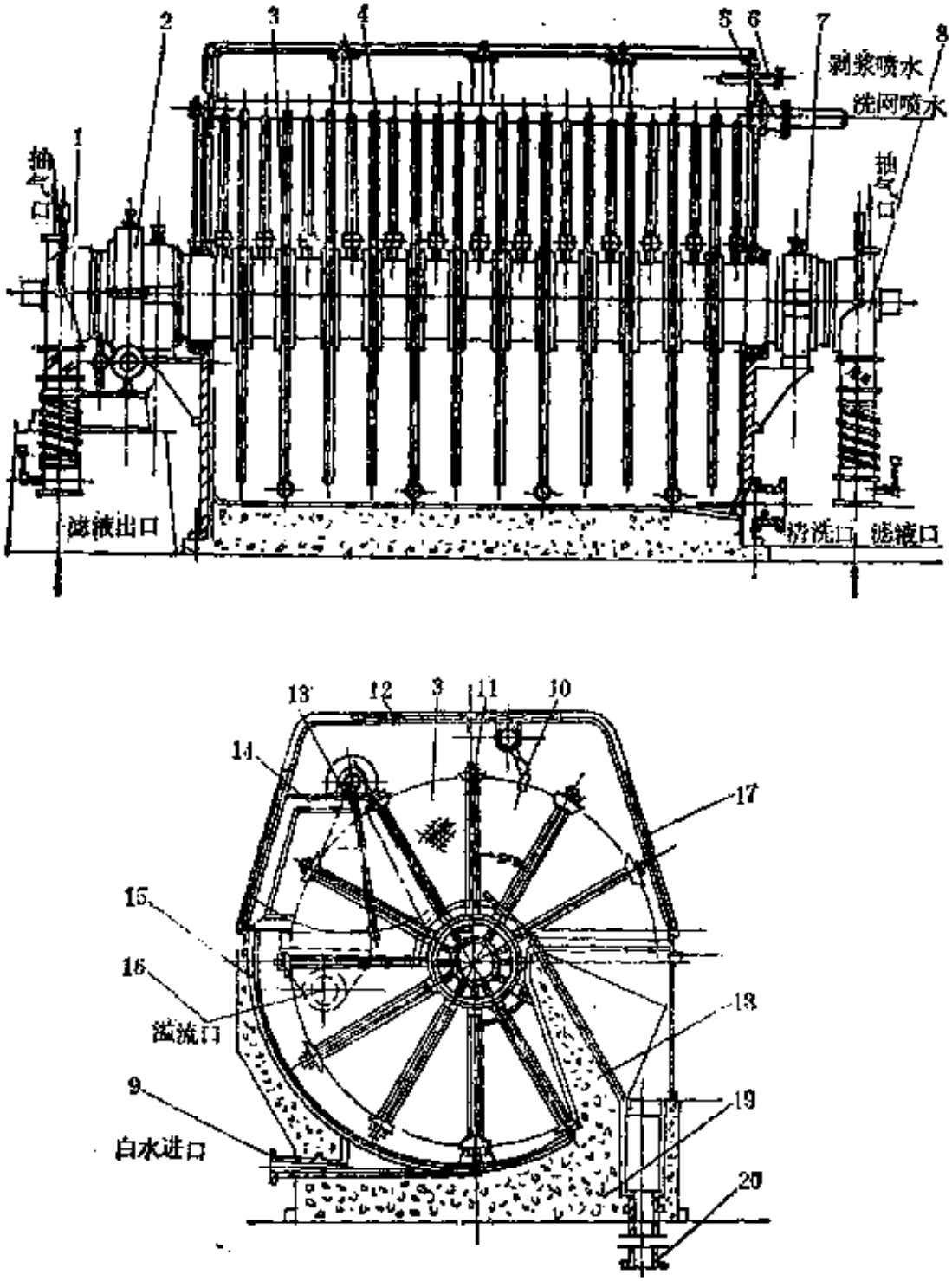


图8-3-8 多盘式纤维回收机

1、8-分配阀 2-减速器 3-扇形板组成的滤盘 4-空心主轴 5-洗网喷水总管 6-剥浆喷水总管 7-滑动轴水 9-白水进口 10-剥浆喷口 11-拉杆 12-上罩水板 13-洗网喷水 14-洗网装置支架 15-耐酸瓷砖 16-溢流口 17-有机玻璃门 18-水泥槽体"山坡" 19-水泥槽体 20-出浆口

相比，过滤面积增大。

真空的产生是借助真空泵或蒸汽喷射泵，并有汽水分离器、受集器等辅助设备。通常是在白水回收中用作纤维回收设备，但也可用于洗浆和浓缩。其型号、规格见表8-3-16。

表8-3-16　　多盘式纤维回收机的型号和规格

型　号	公称过滤面积（米²）	滤盘直径（毫米）	滤网规格	剩浆喷水管直径（毫米）	剩浆喷水压力（公斤/厘米²）	电机型号与功率（千瓦）
ZNH,	100	2500(12个)	里网12目 外网80目	70	＞4	JZT$_2$-52-4,11 JCH501，0.6

表8-3-17是用27米²多盘式纤维回收机（ϕ1800×6盘)进行草浆洗浆浓缩后测定的数据。进浆浓度的适应范围大，出浆浓度也可达15～18%。

表8-3-17　　多盘式纤维回收机测定数据

进浆浓度(%)	转速（转/分)	产量（吨/小时)	出浆浓度(%)	浆层厚度（毫　米)
0.8	0.62	0.914	18.2	5～6
2.8	0.62	3.53	17.6	20～25
3.2	0.62	3.17	15.8	18～20
3.1～3.6	2	8.12～8.75	16.7～18	15～18

从表8-3-17可以看出，转速慢(0.62转/分)，进浆浓度低(如0.8%)，浆层厚度薄(仅5～6毫米)时，产量很低。

当转速由0.62转/分提高到2转/分时，浆层厚度18毫米左右，产量迅速增加。所以，掌握一定进浆浓度，适当提高转速，是用好多盘式纤维回收机的重要因素。

（七）斜网浓缩器

斜网浓缩器又称斜筛、曲筛或斜网洗涤器。它是利用纸浆在

固定的倾斜滤网上向下流动，使水靠重力通过滤网而达到洗涤、浓缩和回收纤维的目的。

随着斜网形状的改变，又有凸弧形、凹弧形和凸凹结合形等几种斜网浓缩器的出现。其特点是：结构简单，不需动力，不易糊网，出浆浓度较稳定，但产量低，纤维流失大。斜网浓缩器的各种形状见图8-3-9。

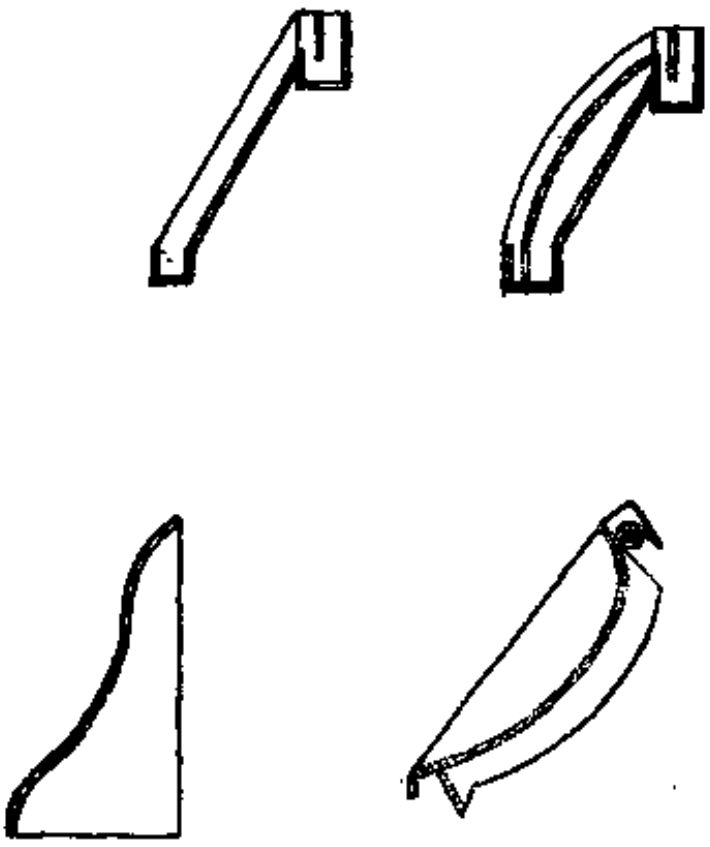


图8-3-9 斜网浓缩器

斜网倾斜度一般为33～60°，常用45°。铜网一般用60目或80目。也可多台串联使用，最多可达6台，除第一台用100目外其余用80目，最后一台也可用60目。最低进浆浓度为0.5～0.7%，出浆浓度3～7%。

（八）环式双筒挤浆机

瑞典桑兹(Sunds)公司产品，纸浆在两个偏心安装的圆筒所形成的楔形挤压区里脱水。

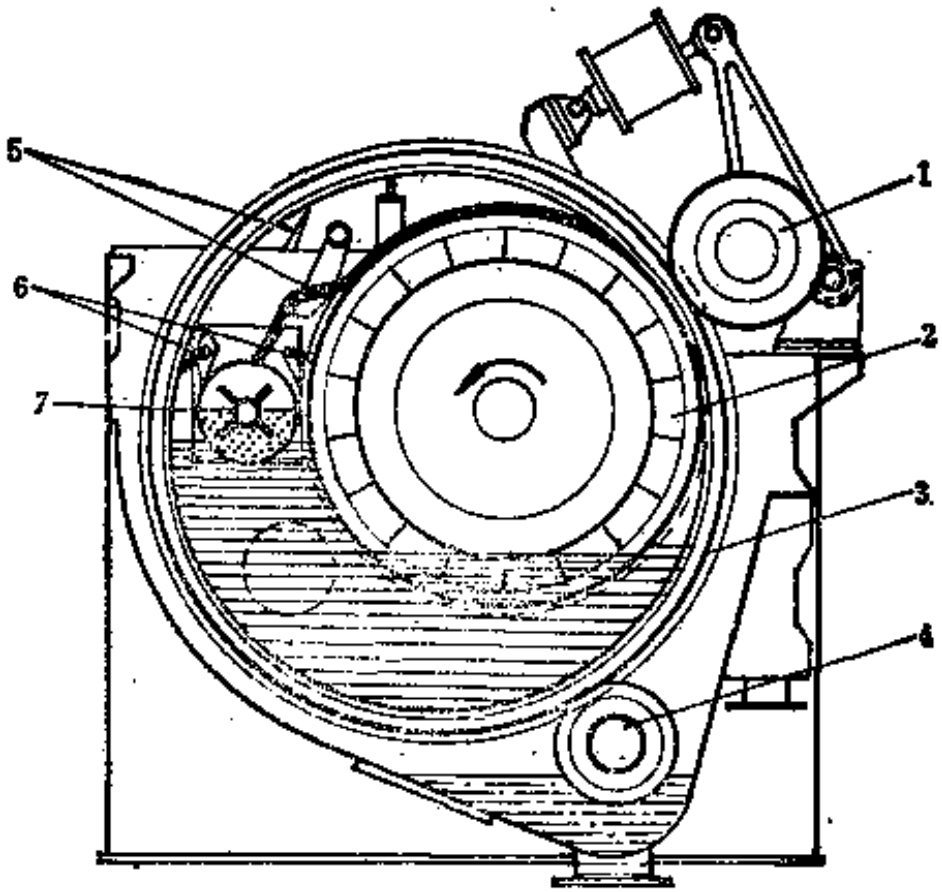


图8-3-10 环式双筒挤浆机

1—压辊 2—内筒 3—外筒 4—支撑辊 5—刮刀 6—喷水管 7—螺旋输送机

进口浓度1～3%，浓缩后浓度可达25～35%。特别适用于高浓盘磨的脱水、各种浆渣疏解后的脱水及未漂牛皮浆的高浓脱水。

表8-3-18 环式双筒挤浆机的型号和规格

型号	外鼓直径（毫米）	内外鼓宽度（毫米）	内鼓直径（毫米）	电机功率（千瓦）	产量（风干浆吨/日）	设备重量（公斤）
CPA-50	1800	500	1300	7.35	<60	9000
CPA-100	1800	1000	1300	11	<120	10000
CPA-150	1800	1500	1300	15	<180	11000

其中CPA—150型用于预热木片磨木浆中的筛渣进盘磨机前

的浓缩，工艺操作条件如下：

表8-3-19　　CPA-150型挤浆机的工艺操作条件

原　料	进浆浓度（%）	出口浓度（%）	打浆度（OSR）	压辊压力（公斤/厘米²）	电机功率（千瓦）	电机转速（转/分）
白松或白松、杨木	1.2～1.7	20～25	20～30	0.5～1.0	1.5～9.5	225～1450

（九）斜螺旋浓缩机

此系美国巴拉克-克劳森(Black—Clawson)公司和日本石川岛播重工业公司合作的产品。

浆料由下部入口进入，经螺旋作用使浆料沿着筒体向上输送，并在出口处形成浆塞，借助出口侧的浆塞压板与浆料间的压力和重力作用，把水从浆中压出，经筛板小孔排出。入口浓度2～4%，出口浓度15～25%。筛孔ϕ2.0～2.5毫米。

表8-3-20　　斜螺旋浓缩机

型　号	1-B-9	2-B-9	3-B-9	1-B-16	2-B-16	3-B-16
主体长×宽（毫米）	1730×900	1730×1350	1730×1800	2590×910	2590×1580	2590×2250
总长（毫米）	2740	2740	2740	3810	3810	3810
筛板内径（毫米）	230	230	230	410	410	410
入口尺寸（毫米）	ϕ100	ϕ100	ϕ100	ϕ250	ϕ250	ϕ250
溢流尺寸（毫米）	ϕ80	ϕ80	ϕ80	ϕ150	ϕ150	ϕ150
筛板面长（毫米）	1484	1484	1484	1864	1864	1864
螺旋转数（转/分）	35～70	35～70	35～70	20～40	20～40	20～40
动力（千瓦）	3.7×1	3.7×2	3.7×3	11×1	11×2	11×3

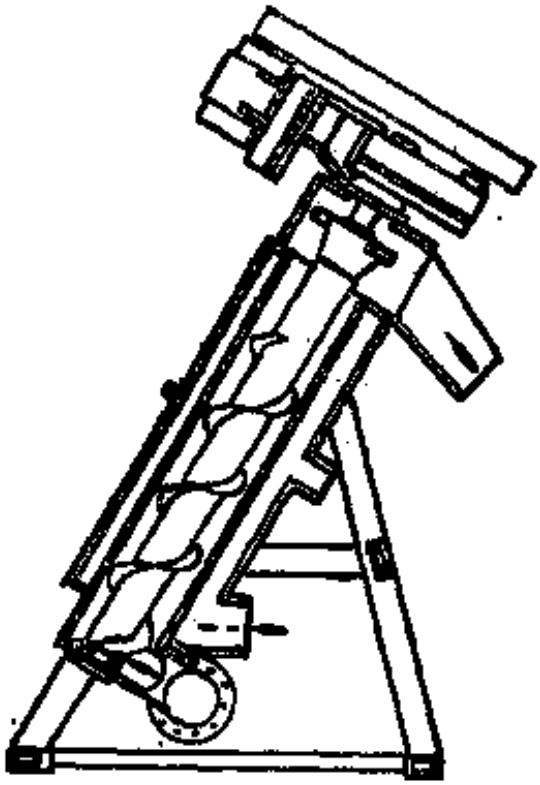


图8-3-11 斜螺旋浓缩机

表8-3-21　　斜螺旋浓缩机的能力

浆　种	游离度（加拿大标准）	入口浓度（%）	出口浓度（%）	处理能力（绝干吨/日）					
				1-B-9	2-B-9	3-B-9	1-B-16	2-B-16	3-B-16
木浆（Ⅰ）	700	2～4	18～20	27	54	81	54	108	162
木浆（Ⅱ）	600	2～4	16～18	22	44	66	45	90	135
瓦楞废纸浆	500	2～4	14～16	18	36	54	36	72	108
新闻废纸浆	150	2～4	10～15	9～13	18～26	27～39	18～27	36～54	4～81
筛选尾渣浆	750～800	2～4	25～30	31	62	93	63	126	189

（十）双锥盘挤浆机

双锥盘挤浆机是60年代初出现的，从中浓挤到高浓的一种浓缩设备。挤浆的滤板是两只彼此相对，而又相互倾斜的锥盘，分别装在两根倾斜轴上。

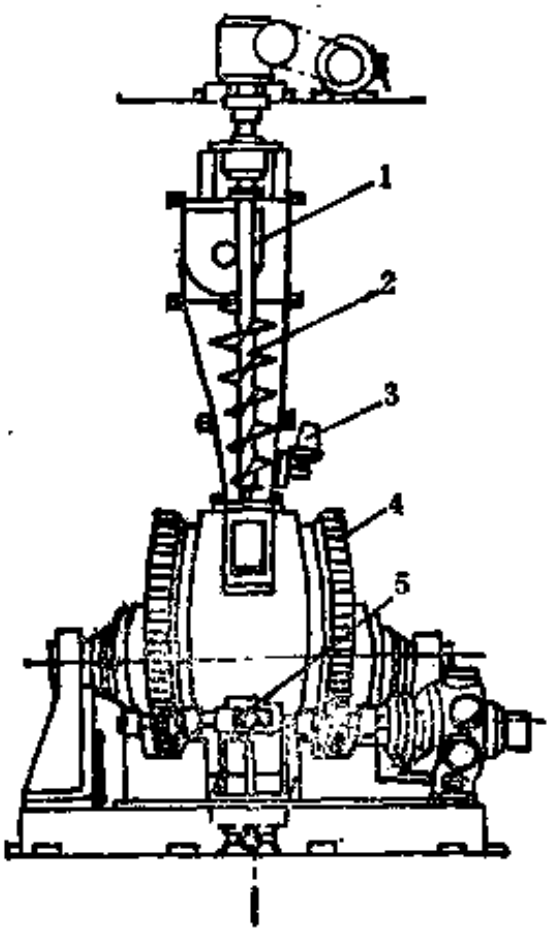


图8-3-12 双锥盘挤浆机

表8-3-22 双锥盘挤浆机

型 号	锥盘直径（毫米）	锥盘转速（转/分）	锥 盘倾斜度	油压传动电机(千瓦)	本体重量（吨）	生产能力（风干吨/日）
150A	1520	0.75～2.25	4°	19～25	18	60～120
150B	1520	1～10	5°	22～75	20	100～300
110B	1100	1～10	5°	15～30	12	30～100

注：日本日立与加拿大霍珀(Hooper)公司合作的产品，由电动机带动油泵，再由油压传动装置带动主轴。进浆浓度为8～12%，出浆浓度35～45%。

表8-3-23　　用于硫酸盐木浆时的生产能力

锥盘直径(毫米)	914			1219			1524		
配用动力(千瓦)	5.5			11			29		
锥盘转速(转/分)	1.5	3	6	1.5	3	6	1.5	3	6
生产能力(绝干吨/日)	10	20	25～30	24	45	55～60	50～60	75	100～130

（十一）夹网浓缩机

夹网浓缩机是采用钢性很大的网笼为主传动，网笼外面有6目的聚酯纤维网，面上套有18×15目的平织无端聚酯纤维网叫做上网，与一条同样是18×15目的平织无端聚酯纤维网，叫做下网的之间形成夹网，浆料由流浆箱喷入夹网间，在网速11～51米/分条件下，依靠两网的张力和网笼前的伏辊压榨作用进行初步脱水，并经另一道压榨继续脱水，将浓度3～6%的浆料浓缩到30%。夹网形式很多，其结构如图8-3-13所示。

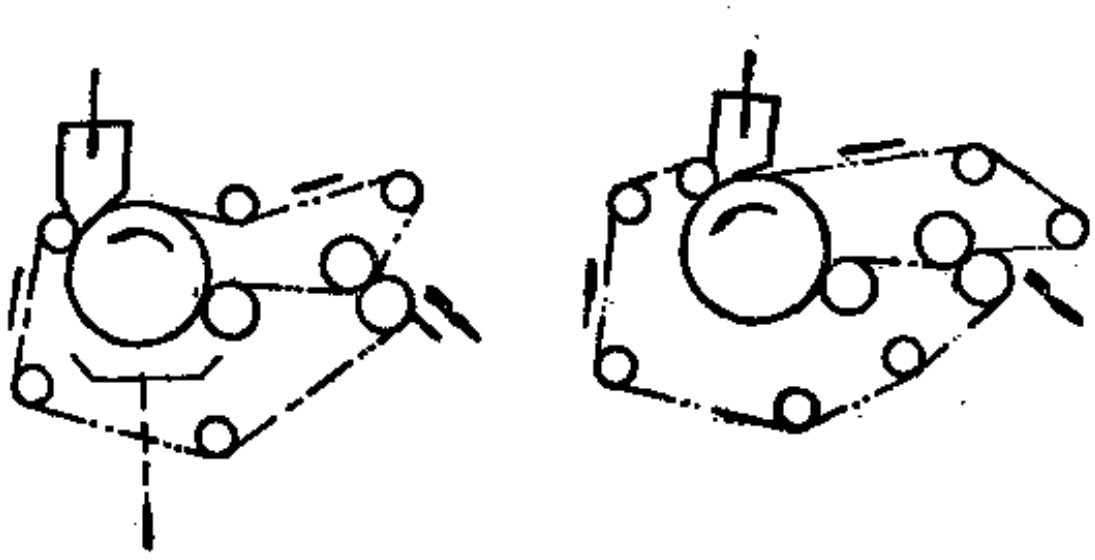


图8-3-13 夹网浓缩机的结构

表8-3-24　　夹网浓缩机

型　号	网鼓规格（毫米）	幅　宽（毫米）	抄　速（米/分）	进口管径（毫米）	主传动电机（千瓦）	驱动辊转速（转/分）
SP_1	ϕ1250×1450	1100	11～25	ϕ150	7.5	5～20
SP_2	ϕ1250×1450	1100	17.5～51	ϕ150	11	10～40
SP_3	ϕ1250×2600	2200	14～41	ϕ200	15	7～28

注：此系日本日立和联邦德国EW公司合作的产品。

表8-3-25　　夹网浓缩机使用的工艺条件

型　号	进浆浓度（%）	出浆浓度（%）	冲洗水压力（公斤/厘米²）流量（升/分）	稀释水压力（公斤/厘米²）流量（升/分）	生产能力（绝干吨/日）
SP_1	3～6	20～30	8，20	4，200	10～40
SP_2	3～6	20～30	8，20	4，200	30～100
SP_3	3～6	20～30	8，40	4，200	80～160

第四节　浆料的贮存与输送

一、浆料的贮存

（一）概　　述

（1）蒸煮后的纸浆往往要经洗涤、筛选、漂白、打浆等工序，才进行抄纸。在这些操作过程中，浆料必须分别贮存于各种各样的浆池中。

（2）贮存的目的在于调节纸浆的白度、浓度、打浆度，以及混和纸浆中所加的辅料，以稳定纸浆的物理、化学性能。

（3）制浆造纸系统基本是连续的，由于生产工艺总会有些波

动，某些过程还是间歇操作的，因此浆池需要有一定容积，一般贮存能力为2～4小时的生产用浆量，这样不致于由于某一工序的波动或临时停机检修而影响生产。

(4)浆池按贮存浓度可分高浓浆池和低浓浆池。

高浓浆池贮存浓度在8%以上，供贮存用，一般为立式。

低浓浆池贮存浓度在5%以下，供贮存和混和用，有卧式和立式两种，可按照不同要求选用。

(5)清洗浆池时，要考虑固浆料腐败而产生窒息性气体，故进入浆池清洗要有安全措施。

(6)因浆池启动功率较大，配用的电机功率要比运转功率大3～3.5倍左右。

(7)浆池搅拌器(循环器)的种类：

① 按结构分：

A．轴流式——螺旋桨式；

B．离心式——涡轮式；

C．混流式——轴流与离心混合式；

D．螺叶式搅拌器；

E．管泵式搅拌器。

② 按安装地位及作用分：

A．装在池内——各种型式搅拌器(循环器)；

B．装在池外——循环泵。

(8)三种循环器叶轮的对比，见图8-4-1。

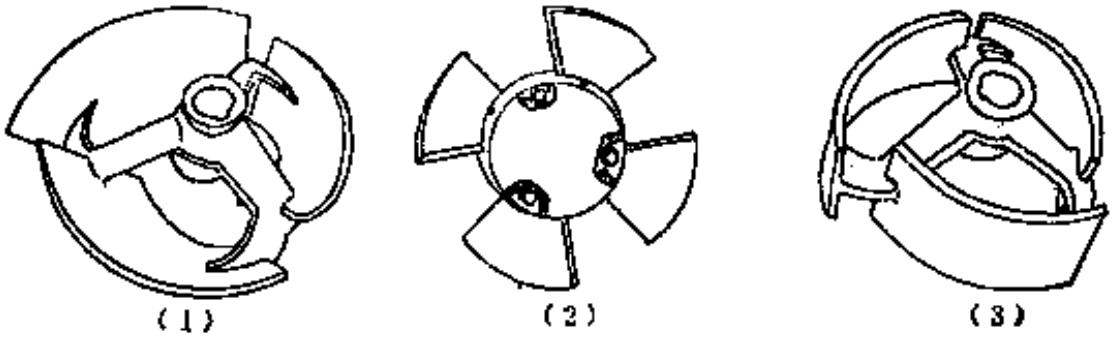


图8-4-1 三种循环器的叶轮

(1) 混流式 (2) 轴流式(螺旋桨式) (3)离心式(涡轮式)

(9)影响搅拌器(循环器)功率的因素：

① 流量，在浆池里，纸浆通过搅拌器得到混合，因此，通过搅拌器的流量对混合效果有很大影响，大直径低转速的叶轮消耗的动力较小，小直径高转速的叶轮消耗动力较大。但大直径叶轮设备费用高，因此，在选用搅拌器时要权衡设备造价和运行费用。

② 贮浆池的结构：图8-4-2为一定容量的浆料在不同尺寸比例中所需要的相对功率。

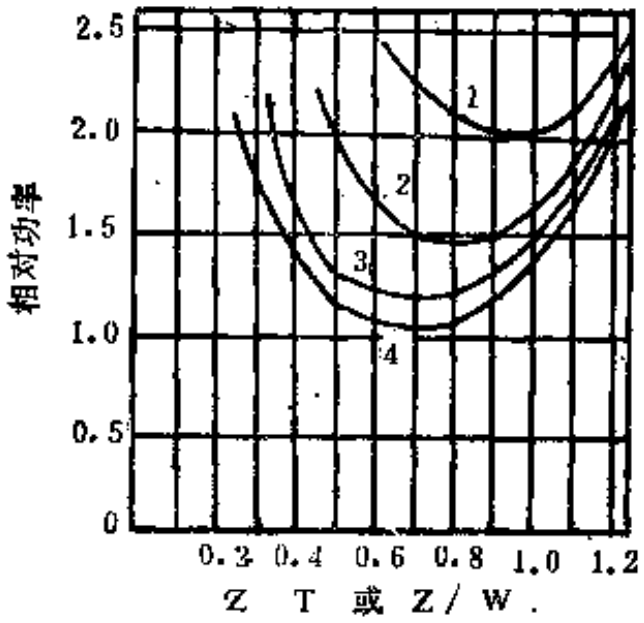


图8-4-2 在相同搅拌效果下所需要的功率

Z——圆柱或矩形浆池深度

T——直立圆柱浆池直径

L——矩形浆池长度

W——矩形浆池宽度

1-L/W = 2.0　2-L/W = 1.5　3-L/W = 1.25　4-L/W = 1.0，或直立圆柱池

从图8-4-2可以看出方形(或圆形)浆池浆层深度和宽度(或直径)之比在0.6～0.8之间所要求功率最小。如果要求混合效果好，应避免用高而细或长而窄的浆池。

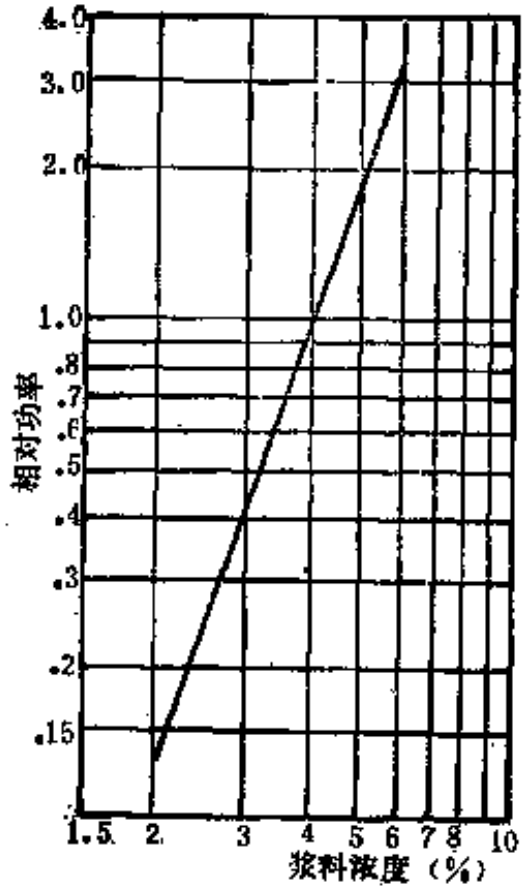


图8-4-3　纸浆浓度对搅拌功率影响

③ 浆料浓度，图8-4-3表示在不同浓度下搅拌时相对需用功率。设浓度3%的浆在贮浆池充分搅拌时，混合良好。那么从图中可以看出，当浆料浓度由3%提高到4%时功率要将增加2.5倍。如不加大搅拌器或改变转速，就得不到满意的混合效果。而低于此浓度时，将发生过渡搅拌，产生涡流。

④浆种：不同浆种在浆池中的流速不同，消耗功率也不同，见图8-4-4。

⑤ 浆料在浆池中的摩擦阻力见表8-4-1。

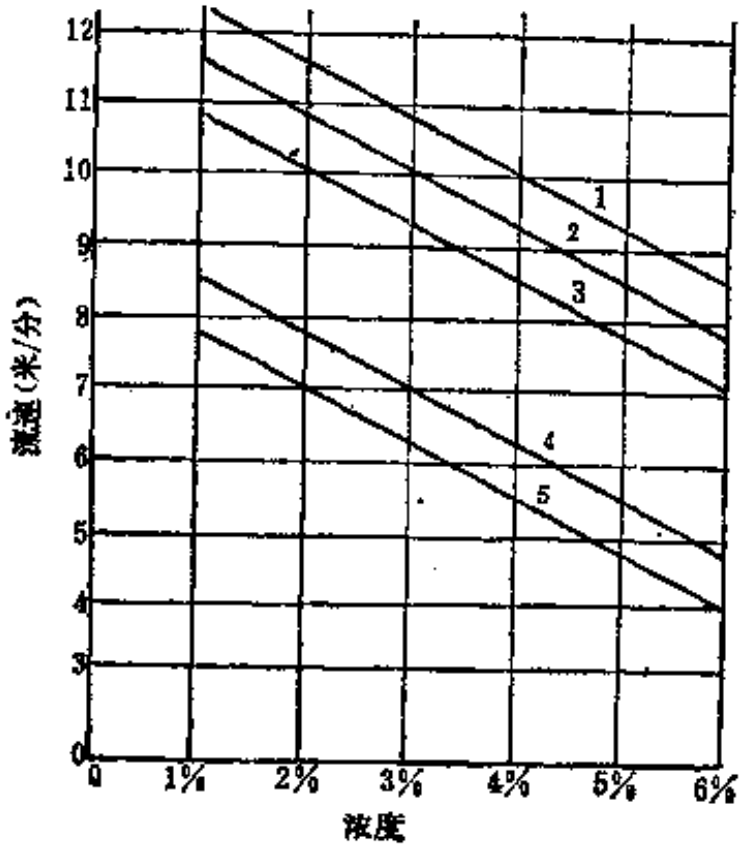


图8-4-4　浆池内浓度与流速的关系

1-尾筛粗浆、纸板浆

2-稻草浆

3-未漂硫酸盐浆

4-未漂亚硫酸盐浆、新闻纸浆、漂白亚硫酸盐浆及硫酸盐浆

表8-4-1　　浆料在浆池中的摩擦阻力

浓　度　3%		浓　度　5%	
流速（米/分）	摩擦阻力（米/米）	流速（米/分）	摩擦阻力（米/米）
4.62	0.0125	5.5	0.06
4.21	0.0125	5.2	0.0525
3.81	0.0125	4.7	0.0525
3.53	0.01	4.3	0.0525
3.2	0.01	3.8	0.0525
3.0	0.01	3.4	0.05

(10)浆池的一般要求：

内壁光滑，无死角；

轴承的润滑油不会渗漏浆内；

纤维不会沉淀，避免形成泡沫和浆块；

池底要有足够的倾斜，保证纸浆能全部排出。

(11)浆池推进器的主要性能及其测定方法：

① 流量Q：在浆道中投一小纸片，用秒表测定其流速，再乘以浆道的断面积，以米^3/分表示。

② 扬程H：推进器吸入口和排出口的浆位差即为扬程H，以米表示。

③ 表功率$N_{表}$：指输入电动机的功率，用三相功率表和单相功率对照测定。

④ 轴功率$N_{轴}$：指电动机传给推进器的功率，是表功率和电动机效率的乘积，以千瓦表示。

⑤ 有效功率N：指推进器实际所做的功：

$$N=\frac{\gamma QH}{6.12}(千瓦)$$

式中　Q——流量(米^3/分)

H——扬程　（米）

γ——浆料容量　（公斤/升）

⑥ 总效率η：即有效功率与轴功率之比值，是评价推进器性能的主要指标。

$$\eta = \frac{N}{N_{轴}} = \frac{100QH}{6.12N_{轴}}$$

注：测定螺旋桨循环器$\eta = 32\%$，涡轮桨循环器$\eta = 24\%$。

⑦ 搅拌匀度I：实测观察其流动混合情况。

(二)低 浓 浆 池

1. 概述

低浓浆池有卧式和立式两种，以卧式使用较多，贮存浆浓度在5%以下。一般采用钢筋混凝土结构，浆池内壁抹灰粉平，对于要求比较高的浆料，内衬瓷砖，对于特种要求或有腐蚀性的浆料，可内衬瓷砖并以耐腐蚀树脂勾缝。

2. 卧式浆池参数的选择

(1) 浆池容积：视工厂工艺条件、各种设备能力的平衡、检修制度及生产稳定性等具体情况而定，一般在 2 小时以上。

(2) 浆池几何尺寸：浆池的几何尺寸对浆料的循环混合有很大影响。一般浆池高度为推进器直径的 3 倍，沟宽为循环器直径的2～2.7倍，长度为宽度的 4 ～ 9 倍，循环较好。

对于三沟道的浆池，中间沟道的宽度和分流沟道相同时，即三条沟道相等，浆料混合情况最好，均匀度高。当中间沟道为两条分流沟道宽度之和的0.75倍时，浆料的循环情况最好。

(3) 浆池池底坡度为流向的2～4%，沟道底部和转弯处都做成圆角或直角，以保持浆流通畅，在池的最低处设有排污口和排浆口，以保证排浆干净和便于清洗。

(4) 浆料浓度与浆池长度的关系见图 8－4－7 。

(5) 浆池长度与滑行系数的关系见图 8－4－8 。

3. 卧式浆池的搅拌器和循环器

常用的卧式浆池搅拌器可分循环泵式、螺旋桨式、涡流式和

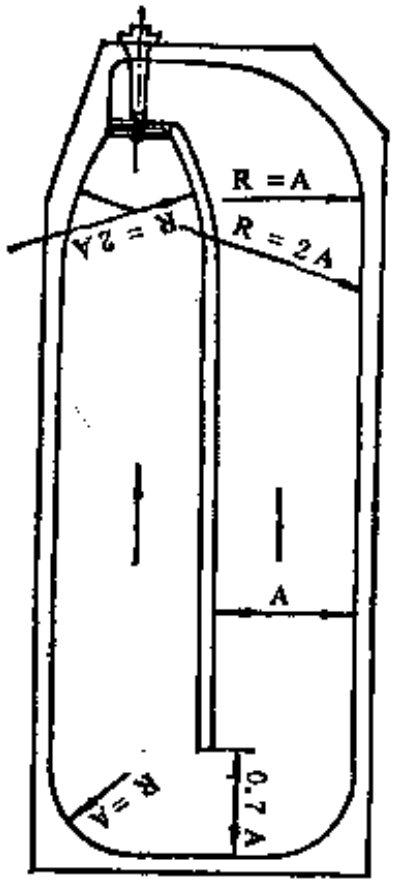


图 8－4－5　双沟道浆池

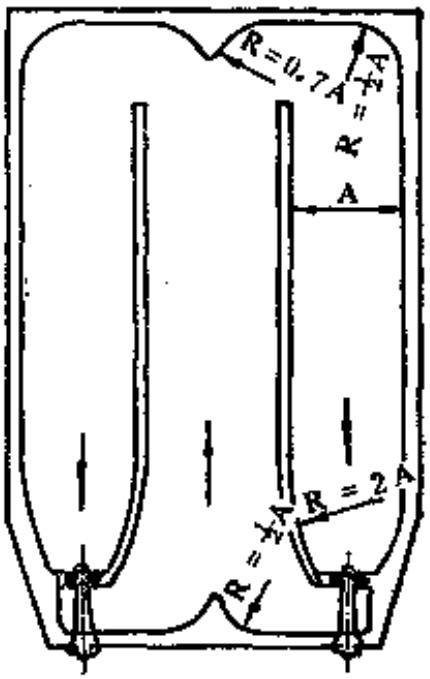


图 8－4－6　三沟道浆池

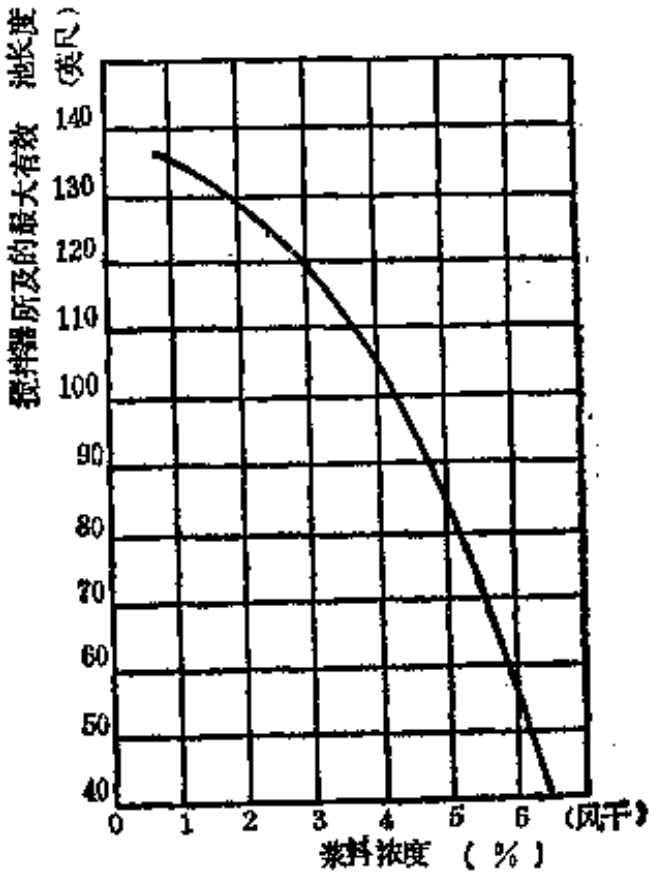


图 8－4－7　浆料浓度与浆池长度的关系

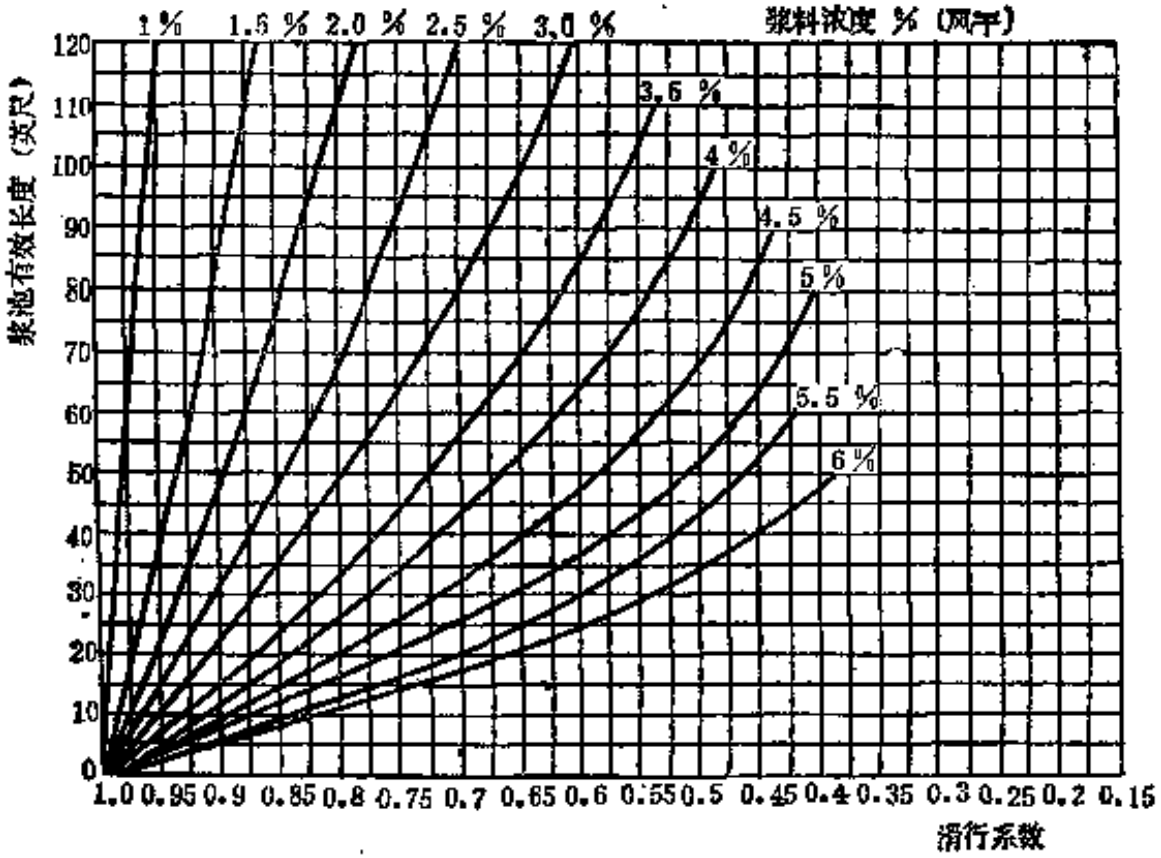


图 8－4－8　浆池长度与滑行系数的关系

螺叶式等。

（1）循环泵式：ZTX1φ350毫米循环泵性能见表8-4-2，这是池外循环结构。

表8-4-2　　ZTX1φ350毫米循环泵性能

转速(转/分)	浆料浓度 (%)	扬程(米)	流量 (米³/分)	配用电动机	
				型号	功率(瓩)
400	<3.5	0.74～0.44	10～18	JO₂42-6	4
	<3.5	1.05～0.68	12.5～22.5	JO₂51-6	5.5
500	6	1.45～0.98	7.5～11.5	JO₂51-6	5.5
	<3.5	1.54～1.06	15～21.6	JO₂51-4	7.5
600	6	2.05～1.4	7.5～12	JO₂51-4	7.5

图8-4-9为φ350浆池循环泵配套25米³浆池。

（2）涡轮循环器：ZTU型涡轮循环器的规格见表 8-4-3。按

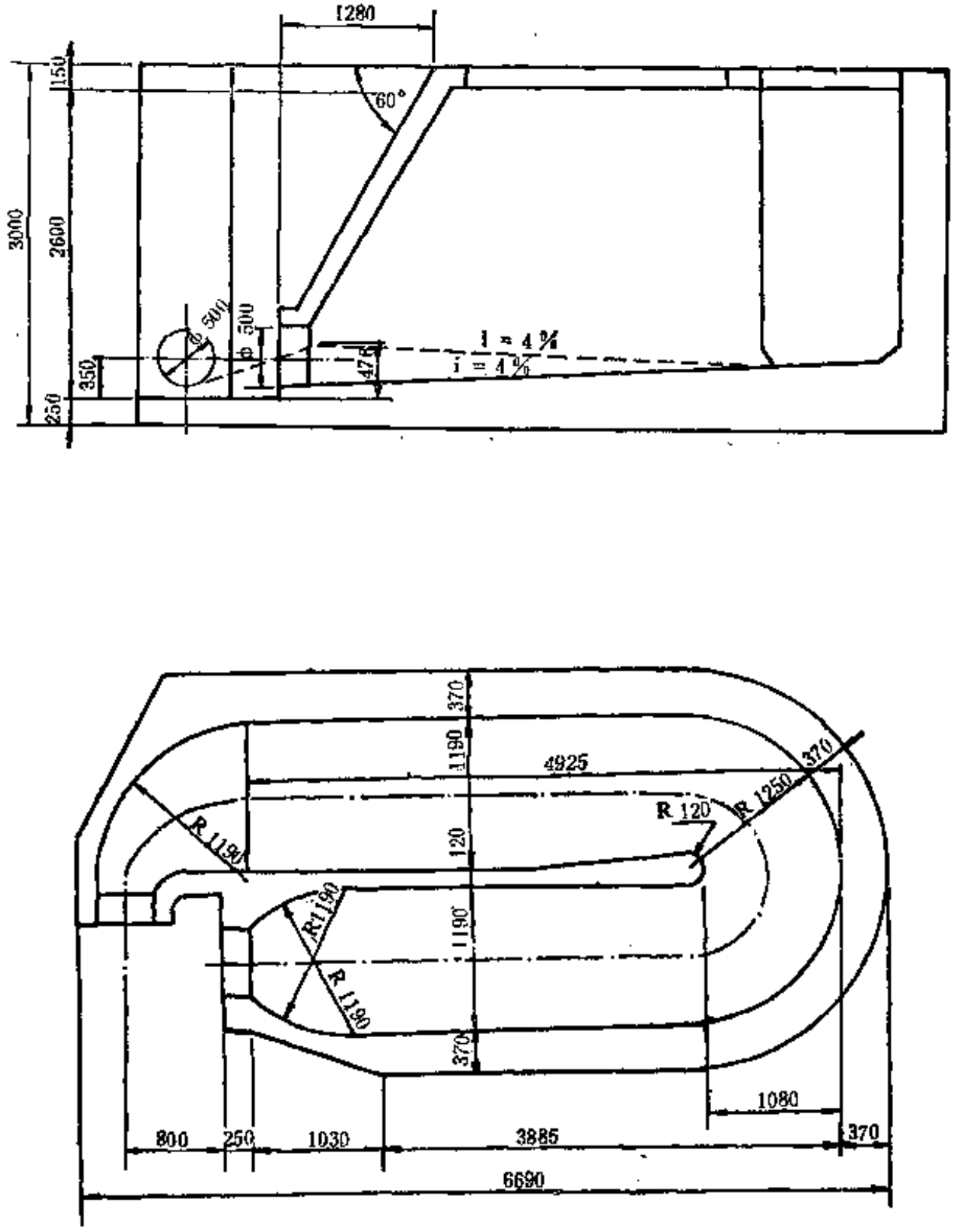


图8-4-9　ϕ350循环泵及配套浆池

其叶轮直径有4种规格，其工作原理和离心泵类似。运转时浆料从涡轮的中心吸入，在离心力作用下被甩到叶轮的切线方向，经

表8-4-3　　涡轮循环器特性

项目 \ 型号	ZTU1	ZTU1J	ZTU2	ZTU2J	ZTU3	ZTU3J	ZTU4	ZTU4J
浆池容积(米³)	25～50		50～85		<200		<400	
叶轮直径(毫米)	500		750		1000		1250	
叶轮转数(转/分)	200		200		200		200	
叶片数(片)	3		3		3		3	
浆料浓度(%)	3～5		3～5		3～5		3～5	
重量(公斤)	700		1000		1200		1590	
电动机	$JO_2$61-6，10千瓦		$JO_2$72-6，22千瓦		$JO_2$81-6，30千瓦		$JO_2$91-8，40千瓦	

特定的腔道流出。涡轮循环器主要用于贮存浆料的浆池。

J型包胶，用于有腐蚀性浆料或要求避免铁质混入的浆料，设备有逆时针转向和顺时针转向排列两种，见图8-4-10。



图8-4-10　ZTU型涡轮循环器排列方向

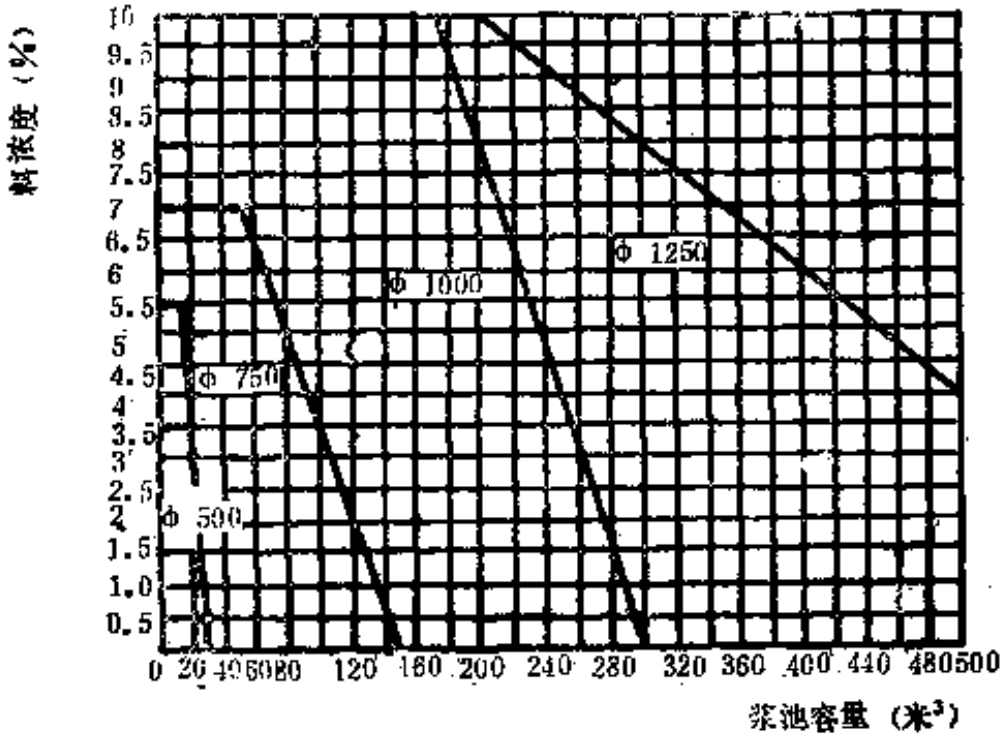


图8-4-11　ZTU型涡轮循环器使用范围

（3）螺旋桨循环器：螺旋桨循环器是一般常用的浆池推进器，其规格见表8-4-4。纤维粗而长，易于缠在搅拌器上的浆料，多采用螺旋桨式循环器。它也属于轴流式，但叶轮较窄，有导流环。

ZTJ型螺旋桨叶循环器。叶轮直径有ϕ700及ϕ1000毫米两种，它是由3～4片螺旋叶片组成，叶片的表面积对浆料的翻动有很大关系，表面积大，浆料混合效果好。

表8-4-4　　螺旋桨循环器的主要特性和规格

项目 \ 型号	ZTJ1	ZTJ1J	ZTJ2	ZTJ2J
叶轮直径(毫米)	700		1000	
螺　距(毫米)	1015		1300	
盘面比	0.665		0.665	
转　速(转/分)	200		180	
最大作用长度(米)	15		20	
排浆量(米³/分)	36		90	
重　量(公斤)	525		960	
电动机	JO$_2$-62-6，13千瓦		JO$_2$-72-6，22千瓦	

表8-4-5　　螺旋桨循环器的参考规格

尺寸系列	每转推动浆量（英尺³）	螺旋桨直径（英寸）	尺寸系列	每转推动浆量（英尺³）	螺旋桨直径（英寸）
1	0.26	$11\frac{1}{2}$	4	21.05	$46\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{2}$	1.11	$17\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	32.50	52
2	2.27	23	5	41.30	58
$2\frac{1}{2}$	5.32	$29\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	59.25	64
3	10.19	$34\frac{1}{2}$	6	72.09	70
$3\frac{1}{2}$	15.77	$40\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	97.50	76
			7	128.25	82

注：此类循环器多装于方形浆池中，也可加导流环安装于双沟式浆池中，每分钟通过浆池通道的浆量＝推进器推动的断面积×通道内浆的流速所推荐的转速(转/分)，应当比理论的略高，以克服滑动损失。

图8-4-12　为根据浆池断面选择螺旋桨循环器图。

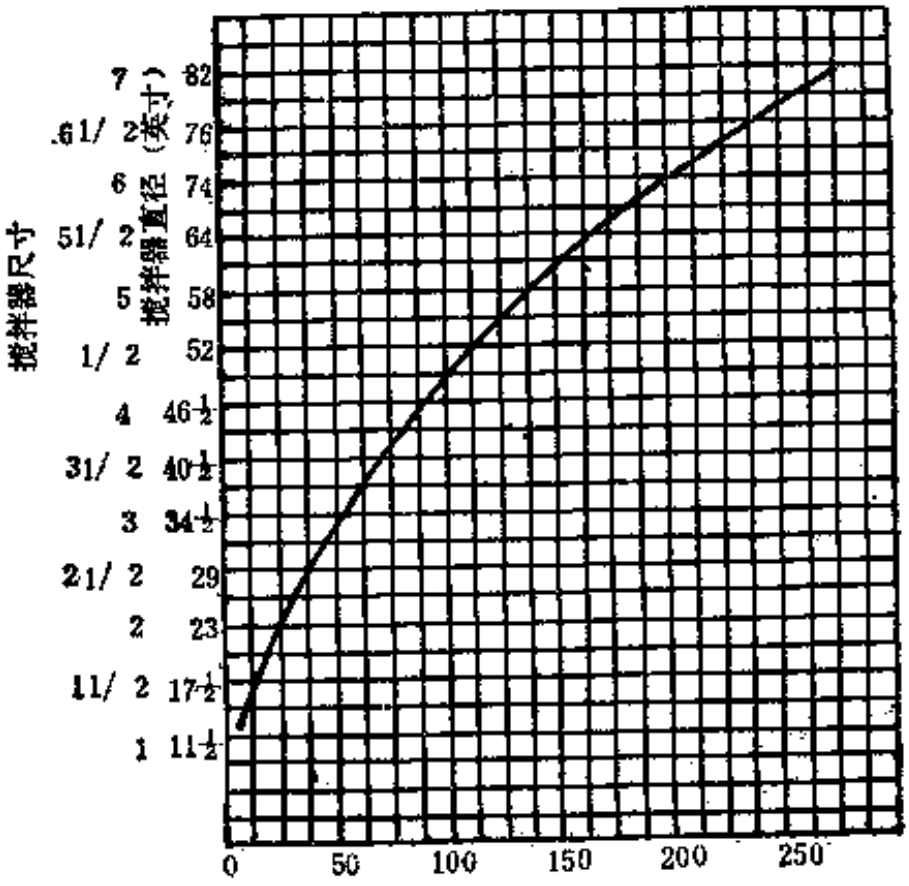


图3-4-12　螺旋桨循环器的选择

图8-4-13为有导流环的螺旋桨循环器的安装示意图。表8-4-6为安装尺寸。

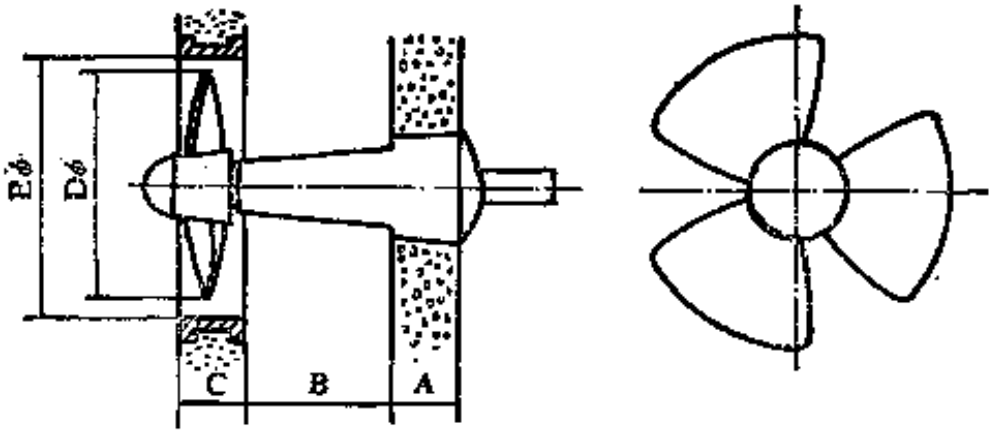


图8-4-13　具有导流环的螺旋桨循环器的安装

表8-4-6　　螺旋浆循环器安装尺寸

型号	A	B	C	D	E	配用浆池容积（米³）	浓度(%)	动力（马力）
1	230	305	100	295	305			
$1\frac{1}{2}$	230	455	150	440	460			
2	230	760	150	585	610	50	2	10
$2\frac{1}{2}$	230	760	150	736	760			
3	300	1070	200	876	916			
$3\frac{1}{2}$	300	1070	200	1088	1065			
4	300	1370	250	1180	1220			
$4\frac{1}{2}$	300	1370	250	1220	1370	200	3.5	50
5	300	1675	300	1475	1525			
$5\frac{1}{2}$	300	1675	300	1625	1675	300	3～4	80～120
6	380	1880	380	1780	1830			
$6\frac{1}{2}$	380	1880	380	1930	1980			
7	380	1880	380	2080	2130			

（4）螺叶式搅拌器：图8-4-14为带螺叶式搅拌器的浆池。

螺叶式搅拌器主要用于贮存粗浆、浆渣和长纤维浆的浆池。

带有畚斗的螺叶式搅拌器浆池主要用于纸机前。

池底向排污及放料方向倾斜，一般坡度 1～2.5%。

每一米³浆池容量所需动力为0.13～0.2千瓦，在配备电动机机时要考虑启动功率较大，需配大于正常功率2.5～4.5 倍的电动机。

搅拌器的线速0.5～0.7米/秒。

表8-4-7为螺叶式搅拌器的型号规格。

4．卧式浆池系列

（1）本系列由轻工业部设计院设计，选用四种不同直径和型号的循环器。

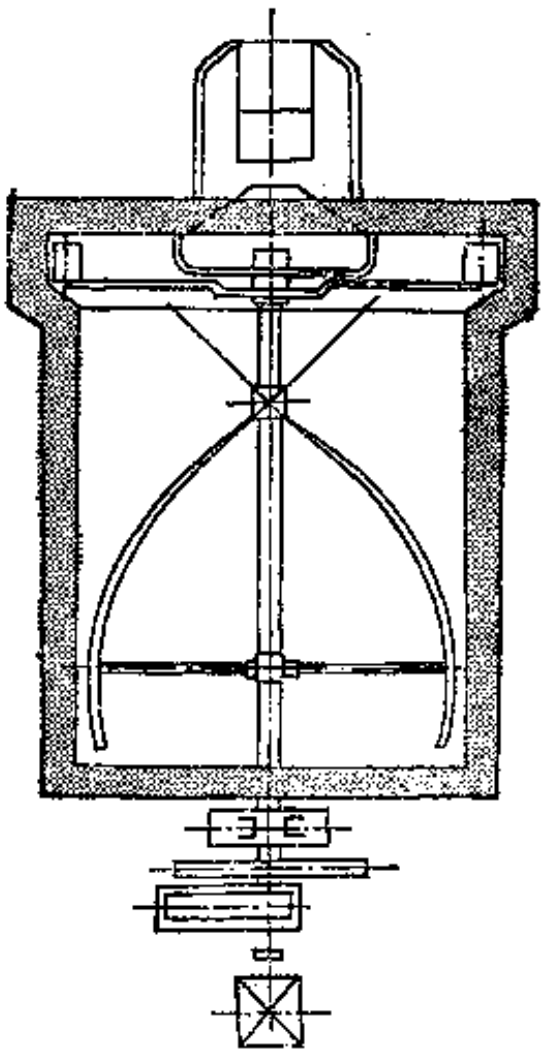


图8-4-14　带螺叶式搅拌器的浆池(带斜斗)

表8-4-9为轻工业部设计院设计浆池系列表，池长由6米至18米，共分13级，每级以1米进位。

池宽3.6米适用于柱距4.0之间距。

池宽5.4米适用于柱距6.0之间距。

JC2×350～1～6循环泵式浆池为两只浆池并联。

(2) 轻工业部上海设计院设计的系列见表8-4-10。

5．立式浆池(管泵式搅拌器)

管泵式搅拌器立式浆池多数为圆形，但也可以因地制宜采用长圆形等其他形状，除了贮存浆池外，还有较好的快速混合作用。主要供作混合低浓浆料的大容积浆池，但小容积浆池也可采用。

表8-4-7　　螺叶式搅拌器的型号和规格

项目 \ 型号	ZTY1	ZTY2	ZTY3	ZTY4	ZTY5	ZTY6	ZTY7
浆池容积(米³)	2	5	5	10	10	25	25
螺叶尺寸(毫米)	φ1000×1900	φ1400×2300	φ1400×2300	φ1900×2300	φ2100×2400	φ2700×3500	φ2900×3480
备斗容积(升/个)			3		5		5
备斗轮线速(米/秒)			0.62		0.64		0.6
备斗数（个）			6		12		16
重量（公斤）	500	600	2330	960	1640	2000	5700
电动机	JO₂-32-6	JO₂-32-6	J51-6	JO₂42-6	JO₂-42-6	JO₂-51-6	JO₂-51-6
	2.2千瓦	2.2千瓦	2.8千瓦	4千瓦	4千瓦	5.5千瓦	5.5千瓦

表8-4-8　　低浓卧式浆池系列-循环器型号

循环器型号	原代替图号	名称	适用范围	配用电机
ZT×1	QZ1940G	φ350毫米浆池循环泵	30～45米³	
ZTJ1	QZ1930	φ700毫米螺旋浆循环器	40～60米³	J61-6，7千瓦
ZTU 2	QZ197	φ750毫米涡轮循环器	55～85米³	JO₂71-6，17千瓦
ZTU 3	QZ1928	φ1000毫米涡轮循环器	65～200米³	JO₂72-6，22千瓦

它具有设备简单，材料省，造价低，维修容易等优点。

（1）管泵式搅拌器本体是由一水平旋转的管组构成，运转时其作用犹如一台大流量低压头的浆泵。随着搅拌器的旋转，管组中的浆流在离心力作用下，从两端甩出，中部则形成负压而吸入浆料，于是形成循环。这样，浆流连续从中心流向外围，又返回到中心，获得较好的混合效果。以食盐示迹测定方法比较浆料混合

表8-4-9 浆池系列型号规格表(轻工业部设计院计设)

序号	浆池编号	配用循环器		浆池外形尺寸(米)			有效容积
		型号	规格(毫米)	长度	宽度	高度	(米³)
1	JC 350-1	循环泵	φ350	6.00	3.60	2.70	30
2	-2			6.00	3.60	3.00	35
3	-3			7.00	3.60	2.70	35
4	-4			7.00	3.60	3.00	40
5	-5			8.00	3.60	2.70	40
6	-6			8.00	3.60	3.00	45
7	JCZX350-1	循环泵	φ350	6.00	2×2.70	2.70	2×20
8	-2			6.00	2×2.70	3.00	2×25
9	-3			7.00	2×2.7	2.70	2×25
10	-4			7.00	2×2.7	3.00	2×30
11	-5			8.00	2×2.7	2.70	2×30
12	-6			8.00	2×2.7	3.00	2×35
13	JC 700-1	螺旋式	φ700	8.00	4.00	3.00	40
14	-2			8.00	4.00	3.30	50
15	-3			9.00	4.00	3.00	45
16	-4			9.00	4.00	3.30	55
17	-5			10.00	4.00	3.00	50
18	-6			10.00	4.00	3.30	60
19	JC 750-1	涡轮式	φ750	8.00	5.40	3.00	55
20	-2			8.00	5.40	3.30	65
21	-3			9.00	5.40	3.00	65
22	-4			9.00	5.40	3.30	75
23	-5			10.00	5.40	3.00	75
24	-6			10.00	5.40	3.30	85
25	JC 1000-1	涡轮式	φ1000	9.00	5.40	3.00	65
26	-2			9.00	5.40	3.30	75
27	-3			9.00	5.40	3.60	85
28	-4			10.00	5.40	3.00	75
29	-5			10.00	5.40	3.30	85
30	-6			10.00	5.40	3.60	95

续 表

序号	浆池编号	配用循环器		浆池外形尺寸(米)			有效容积
		型号	规格(毫米)	长度	宽度	高度	(米^3)
31	JC 1000-7			11.00	5.40	3.00	85
32	-8			11.00	5.40	3.30	95
33	-9			11.00	5.40	3.60	105
34	-10			12.00	5.40	3.30	100
35	-11			12.00	5.40	3.60	120
36	-12			13.00	5.40	3.60	130
37	-13			13.00	5.40	3.90	150
38	-14			14.00	5.40	3.60	140
39	-15	涡轮式	ϕ1000	14.00	5.40	3.90	160
40	-16			15.00	5.40	3.60	150
41	-17			15.00	5.40	3.90	170
42	-18			16.00	5.40	3.60	160
43	-19			16.00	5.40	3.90	180
44	-20			17.00	5.40	3.60	170
45	-21			17.00	5.40	3.90	190
46	-22			18.00	5.40	3.60	180
47	-23			18.00	5.40	3.90	200

性能表明，浓度3% 的机械木浆在200米^3卧式浆池约要1.5小时能混合均匀，而在500米^3管泵式搅拌器立式浆池，大约3分钟即可混合均匀。管泵式搅拌器浆流示意见图8-4-15。

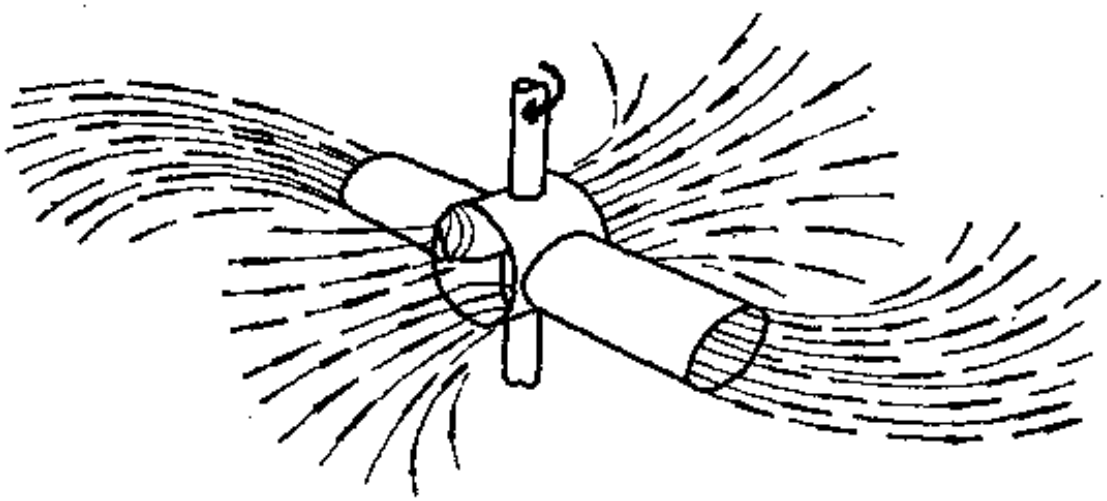


图8-4-15 管泵式搅拌器浆流示意

表8-4-10 浆池系列型号规格(轻工业部上海设计院设计)

序号	浆池图号	配用循环器		浆池外形尺寸(米)		
		型号	规 格	长度	宽度	高度
1	JCU750-1			8.00	5.40	3.40
2	JCU750-2			8.00	5.40	3.60
3	JCU750-3			8.00	5.40	3.80
4	JCU750-4			8.50	5.40	3.40
5	JCU750-5			8.50	5.40	3.60
6	JCU750-6			8.50	5.40	3.80
7	JCU750-7			9.00	5.40	3.40
8	JCU750-8			9.00	5.40	3.60
9	JCU750-9			9.00	5.40	3.80
10	JCU750-10			9.50	5.40	3.40
11	JCU750-11			9.50	5.40	3.60
12	JCU750-12			9.50	5.40	3.80
13	JCU750-13			10.00	5.40	3.40
14	JCU750-14	涡轮式	ϕ750	10.00	5.40	3.60
15	JCU750-15			10.00	5.40	3.80
16	JCU750-16			10.50	5.40	3.40
17	JCU750-17			10.50	5.40	3.60
18	JCU750-18			10.50	5.40	3.80
19	JCU750-19			11.00	5.40	3.40
20	JCU750-20			11.00	5.40	3.60
21	JCU750-21			11.00	5.40	3.80
22	JCU750-22			11.50	5.40	3.40
23	JCU750-23			11.50	5.40	3.60
24	JCU750-24			11.50	5.40	3.80
25	JCU750-25			12.00	5.40	3.40
26	JCU750-26			12.00	5.40	3.60
27	JCU750-27			12.00	5.40	3.80

(2) 管泵式搅拌器管组结构简单，由两侧椭圆形管和中间圆形管焊接而成，见图8-4-16。另一种管组取消中间圆形管，结构更为简单，见图8-4-17。

搅拌器管组直径大小取决于浆料需要循环的流量，管组长度

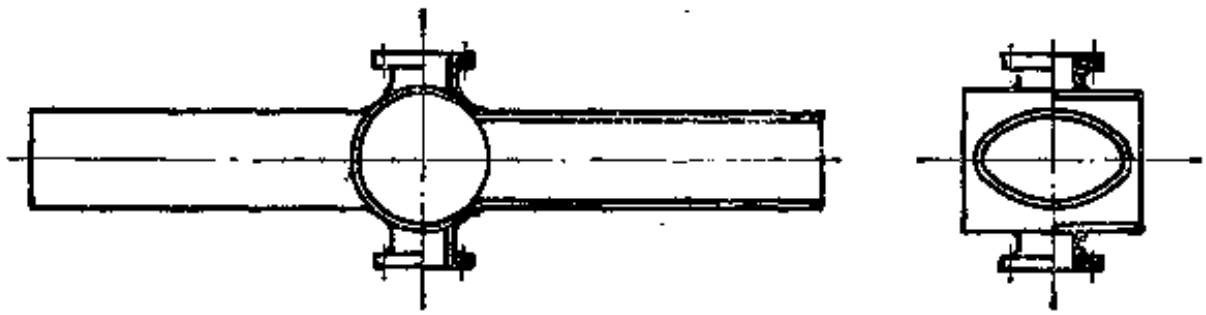


图8-4-16　管泵式搅拌器管组结构之一

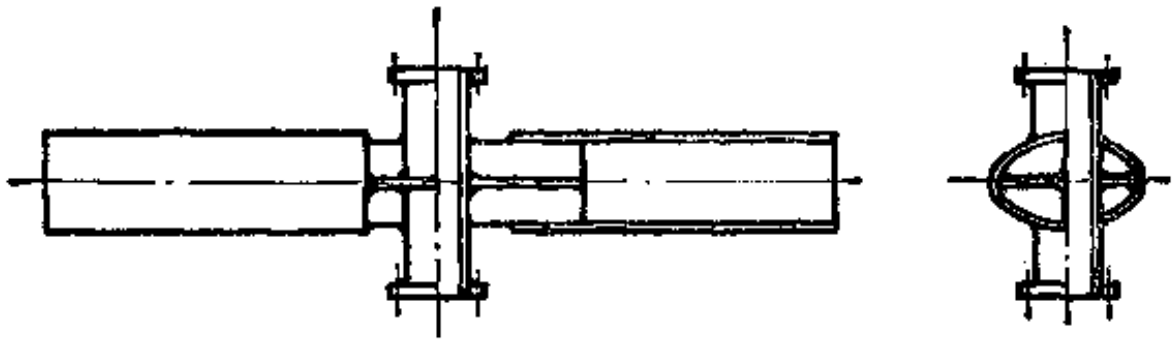


图8-4-17　管泵式搅拌器管组结构之二

则随浆池直径大小而异。

（3）管泵式搅拌器运转时本体处于平衡状态，不受经向推力，所以底部轴承受力小，仅起引导作用，可以采用层压板轴衬，用水润滑。在立式减速器出轴与搅拌器立轴顶端之间，设有中间轴承座，其推力轴承受着搅拌器全部重量。

（4）立式浆池可根据其形状、高度、容积和浆料条件等不同要求，设置1至4个管泵式搅拌器。每个搅拌器的主轴上可根据需要情况装置1至4个，甚至5个水平管组。

（5）管泵式搅拌器立式浆池实例，500米^3和1000米^3立式浆池见图8-4-18和图8-4-19。

管泵式浆池技术特征

浆池有效容积	500米^3	1000米^3
浆池形状和内径	长圆形	圆形

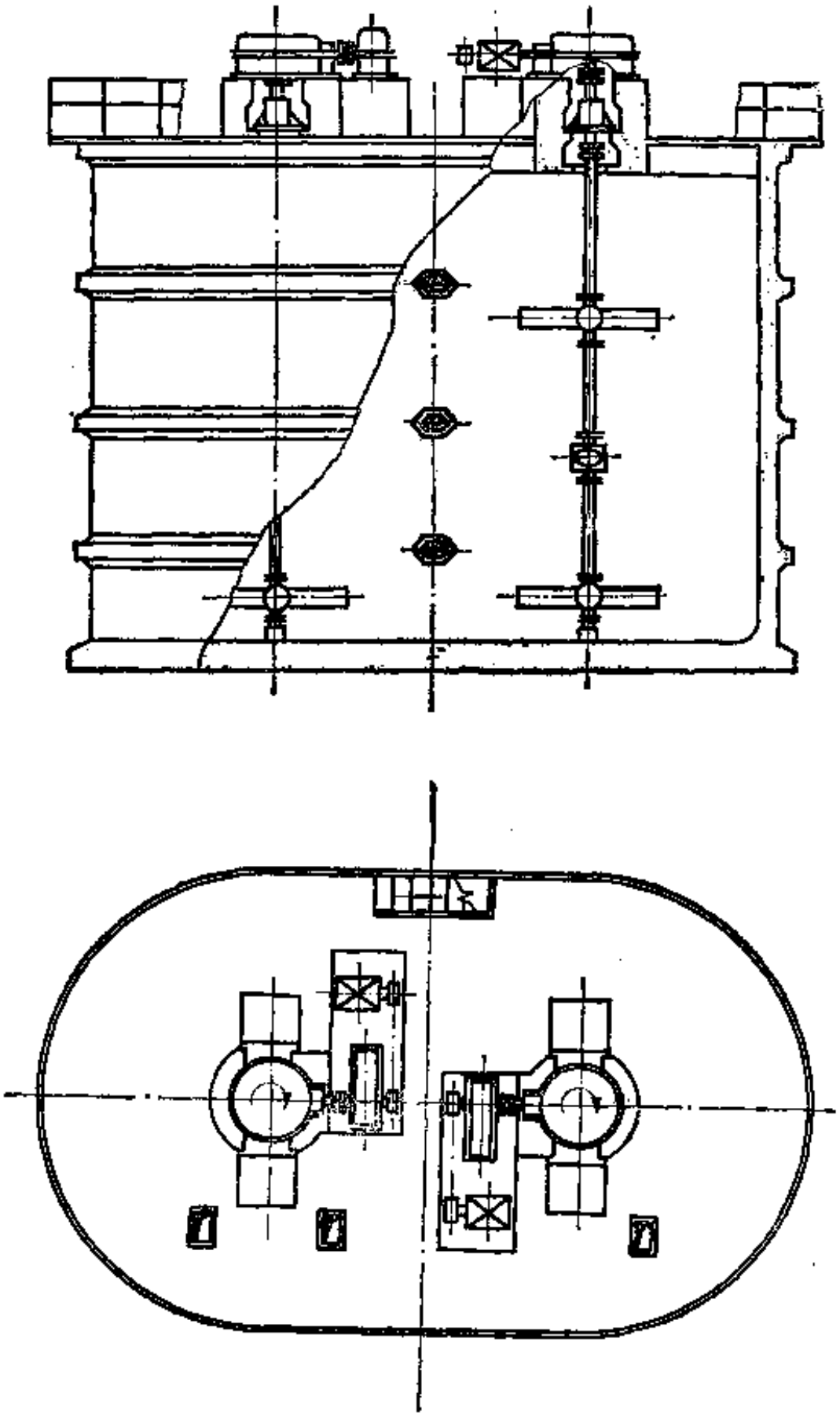


图8-4-18　500米^3立式浆池

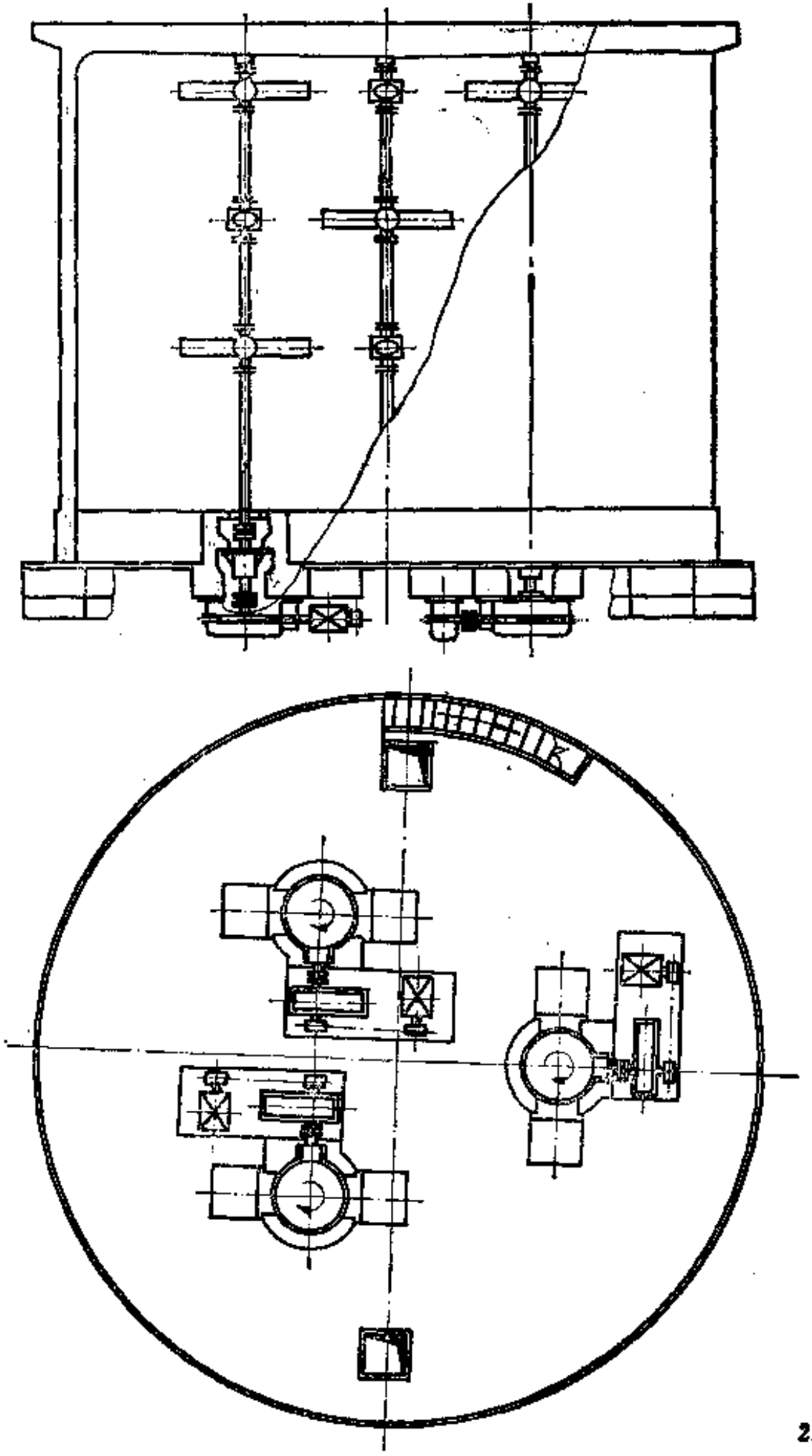


图8-4-19 1000米³立式浆池

	短径6米/长径11.5米	内径12米
浆池高度(米)	8.5	10
浆料浓度(%)	3～5	3～5
搅拌器型式和规格	管泵式	管泵式
管组长度(毫米)	2500	2500
管泵进浆管径(毫米)	450	450
管组出浆椭圆管径(毫米)	短径300/长径450	短径300/长径450
管组垂直间距(毫米)	2500	2500
管组与池底距离(毫米)	640	700
每搅拌器管组数	3	3
搅拌器个数	2	3
搅拌器间距(毫米)	5500	5500
搅拌器转速	33转/分	33转/分
减速器	一级伞齿轮减速器2台 (i = 2.5) 二级圆柱齿轮减速器 2 台 (PM850, i = 9.477)	一级伞齿轮减速器 3 台 (i = 2.5) 二级圆柱齿轮减速器 3 台 (PM750, i = 10.35)
电动机	JO93-6, 55千瓦 2 台	$JO_2$91-6, 55千瓦 3 台
用途	供机械木浆混合贮存用	供人纤浆混合贮存用

(三) 立式高浓浆池

高浓浆池用以贮存8%以上的浆料。

现在的高浓浆池已从低速直立搅拌叶式，发展到高速循环器式。

直立搅拌叶式螺旋桨的上部插入约 8 个稀释管，环绕锥体上部平均分布，这样有助于形成分布良好的稀释液流，稀释液量是按电机负荷控制的。浆池底部为圆锥形。

近来发展了平底高浓浆池。平底浆池搅拌器传动简单，维修方便，造价低，容易安装，所占空间较低。平底浆池有两种型式：一种在池底中心有一倒置圆锥体。这样构成一条循环流道，因而可提高对稀释度和浓度的控制。型 号ZPT31、 ZPT32、 ZPT33的循环器都采用从侧而驱动。另一种ZPT34是安装在浆池的中心，底部直径较小，上部直径较大，上下直径比最好为1.6:1。

1. 搅拌器规格

图号QZ1740

有效容积　　140米^3(锥底)

搅拌器规格　锥底有三道立式搅拌叶ϕ1100/ϕ2200/ϕ3200毫米，20转/分

配电动机　　JB71-6，14千瓦

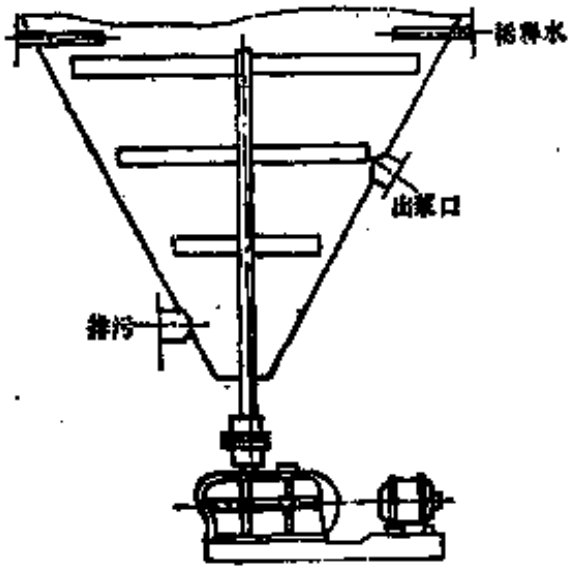


图8-4-20　锥底立式浆池的下锥部

2. 循环器规格

循环器系高速搅拌装置，其规格见表8-4-12，转速约 200 转

表8-4-11　　循环器型号规格

项目 \ 型号	ZPT31	ZPT32	ZPT33	ZPT34
生产能力(吨/日)	20～30	40～60	70～90	100～120
容　积(米³)	任　意			
塔底内径(毫米)	2500	2800	3200	4000
高　度(米)	任　意			
材　质	水泥衬瓷砖或涂树脂			
金属件重量(公斤)	2000	2200	2500	3600
电动机	JO_3-180M-6	JO_3-180M-6	JO_2 72-6	JO_2 91-8
	18.5千瓦	18.5千瓦	22千瓦	40千瓦
循环器直径(毫米)	600，1台	600，1台	750，1台	1000,1台
针形阀直径(毫米)	25，6个	25，6个	25，6个	25，6个

/分，使用于ZPT31～34型立式贮浆池。贮浆池与降流式漂白塔相似，为钢筋混凝土结构，内衬瓷砖或涂以树脂。贮浆浓度12～14%，浆料在塔的上部没有混合作用，由重力下落，至下部有6个喷嘴，喷水稀释，经搅拌混合后成4%浓度用泵抽出。

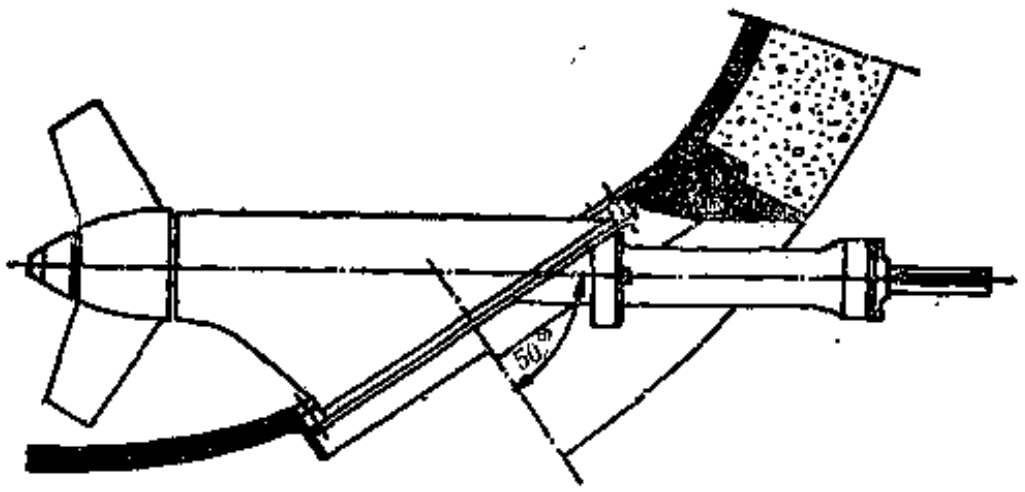


图8-4-21　循环器

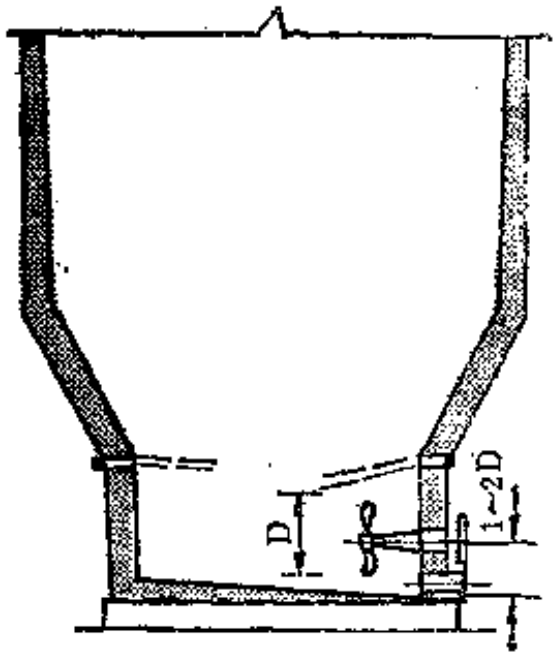


图8-4-22　直边高浓浆池

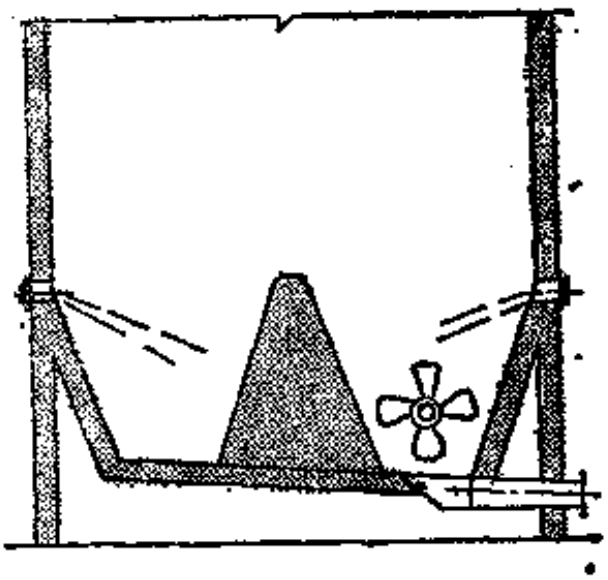


图8-4-23　圆锥边高浓浆池
配用P34ZT循环器

二、浆料的输送

（一）浆　　泵

1．概述

(1)输送纸浆的泵，大致有往复泵、离心泵、混流泵、轴流泵和高浓浆等型式。

(2) 往复泵主要优点是效率高，可达75%以上。缺点是占地面积多，笨重，声响大，输浆量小，容易发生故障，在输送含有固体杂质的纸浆时，泵的内壁及阀门容易磨损。随着离心泵的迅速发展现已较少选用了。

(3)离心泵的优点是构造简单，能够直接和电动机联接，而且输浆量均匀，容易调节。这种泵已形成完整的系列，有各流量和出口压力可供选用。其缺点是用于输送纸浆时效率较低，一般在0.5左右。

（4）轴流泵的结构比离心泵简单，效率也稍高，而且只要变更叶轮的转动方向即可改变出浆方向。轴流泵的特点是流量大，压力小。

（5）混流泵介于离心泵和轴流泵之间。其流量比离心泵大比轴流泵小，出口压力比离心泵小比轴流泵大。

（6）高浓浆泵用于输送浓度8%以上的浆料。

（7）表8-4-12为离心泵，混流泵和轴流泵的特性比较。

表8-4-12 离心泵、混流泵和轴流泵的特性比较

	离心泵	混流泵	轴流泵
扬程	关死时为正常扬程的1.1~1.4倍，对应于流量的扬程下降缓慢	关死时处于离心泵和轴流泵之间，曲线具有下降稳定的特性	关死时为正常扬程的二倍以上，在关死点附点附近急剧上升，另外在关死点和正常点之间往往出现不稳定曲线
轴功率	在关死点最小，随着流量的增大而逐渐增大	流量变化时，轴功率变化不大	在关死点最大，为正常轴功率的二倍以上，随着流量增大轴功率减小
效率	比较平坦	比轴流泵平坦	曲线呈陡升和陡降形状
吸入扬程	不易引起气蚀	比轴流泵吸入扬程高	容易产生气蚀，吸入泵扬程不能太高
运转	可以关死运转，流量调节容易，流量过大，有时会发生过负荷	可以关死运转，但时间不宜过长；流量调节比较容易	因有振动噪音，不能在关死和部分流量下运转，起动应在排出阀全开下进行

（8）轴流泵只有在打开阀门后才能起动，以免电机超负荷。在输送低浓度无腐蚀的浆料时可按水泵要求选择，用于压力洗浆机的轴流泵型号规格参看本章第一节压力洗浆机的附属设备部分。

2．往复泵

在输浆量小，扬程大的情况下使用，适用一般浆料。

能力计算：$Q = AFSn\eta$。（升/分）

式中　Q——泵的输送能力　（升/分）

A——柱塞数目(普通1～4)

F——柱塞横截面积(厘米^2)

S——柱塞行程(厘米)

n——每分钟往复次数

η_0——柱塞的充满系数(一般0.85～0.9)

扬程：　决定于管线的反压力。

最高容许扬程决定于泵的结构。

功率：　需要功率由下式确定：

$$N=\frac{\gamma Q\,H}{60\times 102\eta}(\text{千瓦})$$

式中　γ——输送浆料的比重

Q——泵的输送能力(米^3/分)

H——扬程　（米）

η——泵的总有效系数，为0.75～0.9。与泵的结构和运转质量有关。

3．离心泵

（1）概述，浆料流动状态复杂，因此，随着浓度的不同浆泵的型式和结构也不同：

低浓度泵——浓度0.15～1%；

中浓度泵——浓度在1～5%；

粗浆泵——浓度在2～5%。

低浓浆料的流动近似于水，可使用水泵，但需向填料处注入清水。

中浓浆料的流动近似于宾哈姆流体（Bingham fluids）或假塑性流体，故其叶轮要不被填塞，通常应使用片数少于三片的开式叶轮，但有时也使用流道很宽的闭式叶轮。

粗浆泵为二叶螺旋式。

浆泵轴封部分要防止纸浆流入，为此叶轮背面也设置有叶片，

并向填料内注入清水。

为了防止泵体被纸浆堵塞，同时便于清除，泵体要设置手孔。

为了使浆料容易流入吸入口，泵的吸入管要短而粗。对于高浓度纸浆，为了加压使之易于流入，也有在主叶轮前设增压叶片。

由于纸浆内所含空气难以排除，如在叶片入口处分离出来，会降低浆泵性能，为此需要在浆料进入前将空气排出。

（2）能力：离心泵的能力、扬程和需要功率与工作轮转数关系如下式所示：

$$\frac{Q}{Q_1}=\frac{n}{n_1},\qquad \frac{H}{H_1}=\frac{n^2}{n^2},\qquad \frac{N}{N_1}=\frac{n^3}{n_1^3}$$

式中 Q和Q_1——泵的能力

H和H_1——泵产生的扬程

N和N_1——需要功率

n和n_1——每分钟转数

（3）功率

泵所需功率按下式确定：

$$N=\frac{\gamma QH}{60\times 102\eta}(\text{千瓦})$$

式中 γ——浆料比重 （公斤/米^3）

Q——生产能力 （米^3/分）

H——扬程 （米）

η——有效系数，一般为0.3～0.5，根据浆料的浓度和性质决定。

在一定转数下离心泵的能力Q和所产生的扬程H的关系，可以泵的特性曲线Q—H表示。所需功率与实际输送扬程关系不大，而决定泵的特性Q—N。

（4）型号规格：泵送浆料的离心泵的型号规格见表8-4-13、8-4-14、8-4-15。

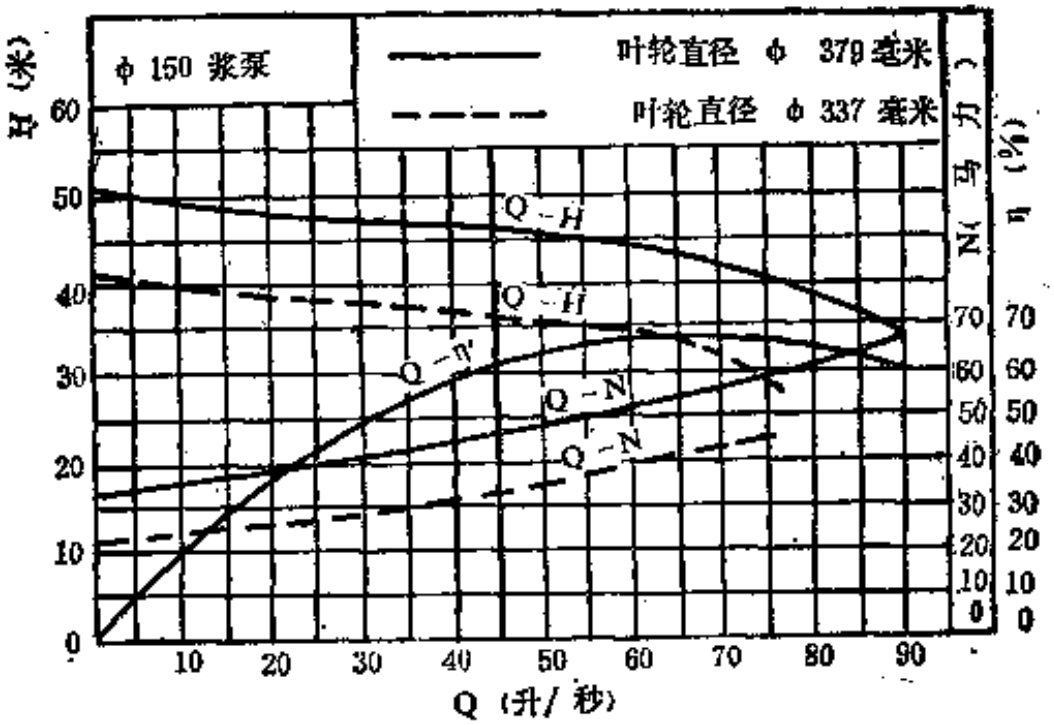


图8-4-24　泵叶轮直径与性能关系

4．高浓浆泵

（1）概述：用以输送浓度7～20%的浆料，有齿轮式、双螺杆式等结构。

8%以下的浆料可以直接吸入泵内，齿轮式高浓浆泵用于输送大于10%的浆料，必须用螺旋喂料器喂料。

齿轮式高浓浆泵结构如图8-4-26所示。

螺杆式高浓浆泵见图8-4-27。

（2）使用时注意事项：高浓浆泵进浆管应垂直布置，最大偏角不应大于20°，生产中进浆管不得充满，否则易发生“塔桥”现象。

在运转中不得掉入硬杂物。

在进出口处应设有一定水压的水管（出口的进水管设在出口闸阀外），以便顶浆和破坏“塔桥”。

两转子的齿间隙超过2毫米时应进行焊接修补。

在正常给料时，不得关闭出口闸门，否则会因超压而造成事故。

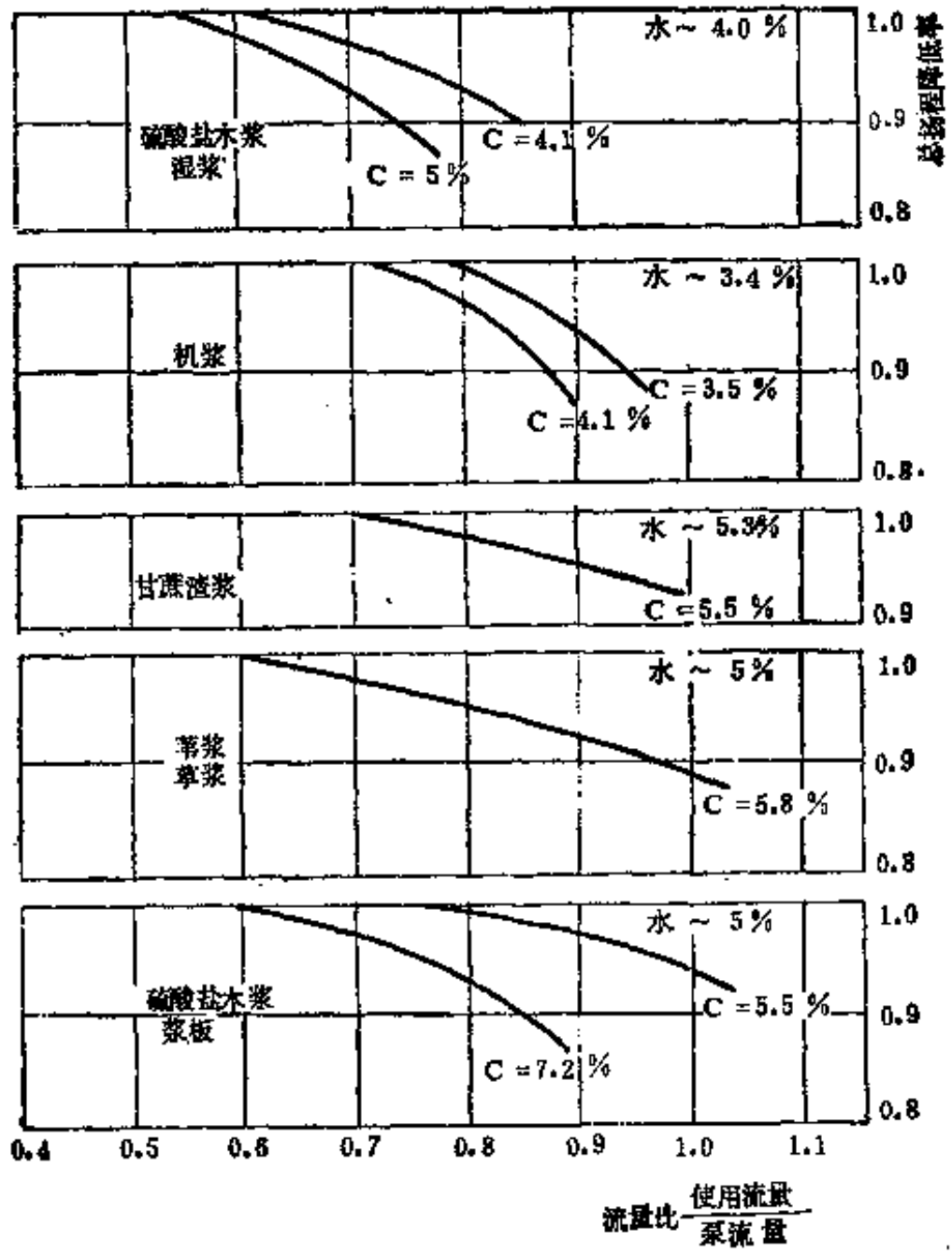


图8-4-25　清水性能与各种浆性能换算曲线

表8-4-13 离心浆泵型号与规格（一）

项目 \ 型号	ZBJ1	ZBJ2	ZBJ3	ZBJ4	ZBJ5	ZBJ6
纸浆浓度(%)	4%以下	4%以下	4%以下	4%以下	4%以下	4%以下
流量(米³/小时)	25 \| 50	30 \| 55	42.6 \| 83	64 \| 108	90 \| 216	108 \| 216
扬程(米)	19.5 \| 14	50.5 \| 40	19.5 \| 14	48.5 \| 40	16 \| 10	37 \| 28
进口直径(毫米)	100	100	150	150	200	200
出口直径(毫米)	80	80	100	100	150	150
转速(转/分)	2920	2920	2920	2940	970	1470
外形尺寸(毫米)长×宽×高	1014×370×438	1370×400×485	1052×370×445	1496×550×538	1421×510×795	1666×550×795
重量(公斤)	191	332	205	505	522	772
电动机	JO_2 41-2	JO_2 6 1-2	JO_2 42-2	JO_2 72-2	JO_2 6 2-6	JO_2 82-4
	5.5千瓦	17千瓦	7.5千瓦	30千瓦	13千瓦	40千瓦
	TQ 1166	TQ 1169	TQ 1176	TQ 1179	TQ 1184	TQ 1188
原型号	(BJA 80—6)	(BJA 80—9)	(BJA 100—6)	(BJA 100—9)	(BJA 150—4)	(BJA 150—8)

表8-4-14 离心泵型号与规格（二）

	ZBJ7								ZBJ8		ZBJ9						ZBJ10		
1. 纸浆浓度(%)	4.1		5.1		6.9		7		4.1		4.1		5		6		4～6		
2. 流量(米³/小时)	166	277	156	263	153	216	139	200	174	358	324	612	324	576	324	576	198	324	414
3. 扬程(米)	29.8	27.8	27.8	26	23.4	22	23.4	22	14.5	11.3	33.5	23.6	32.5	23	31.6	22.5	21	17	12
4. 进口直径(毫米)	255								300		300						200		
5. 出口直径(毫米)	150								200		200						200		
6. 泵轴转速(转/分)	1000								1000		1400						1470		
7. 电动机(1台)	JO_2—82—6，40千瓦								JO_2—72—4，30千瓦		JO_2—92—4，75千瓦						JQ_2—82—4，40千瓦		
8. 外形尺寸(毫米)	2056×900×800								1020×750×750		1020×750×750						1956×725×755		
9. 重量(公斤)	1120								600		600						1070		
10. 原型号	TQ1155(BJA150/4506)								TQ1146(BJB—200/4006)		TQ1146(BJB—200/400)						TQ1160(BJD—200/320)		

注：ZBJ1～ZBJ10 型泵所列扬程为清水扬程，在输送不同浓度的浆料时，需以图8-4-25 清水性能与各种浆料性能换算曲线。

表8-4-15　　离心泵型号与规格(三)

项目 \ 型号	ZBJ11	ZBJ11J	ZBJ12J	ZBJ13
1. 扬程(米)	24	20	22	20
2. 扬程(米³/小时)	40	108	190	150
3. 出口直径(毫米)	100	100	150	150
4. 进口直径(毫米)	200	200	250	175
5. 转速(转/分)	1450	1450	1450	1460
6. 电动机(1台)	JO_2-61-4，13千瓦	JO_2-1605-4，15千瓦	JO_2-1802M4，304千瓦	JO_2-62-4，17千瓦
7. 外形尺寸(毫米)	1485×790×646	1740×580×650	1935×740×745	1550×810×760
8. 重量(公斤)	750	850	1080	840
9. 原型号	W266B	XZ198	XZ199	W267

注：用于输送浓度低于5%的纸浆。

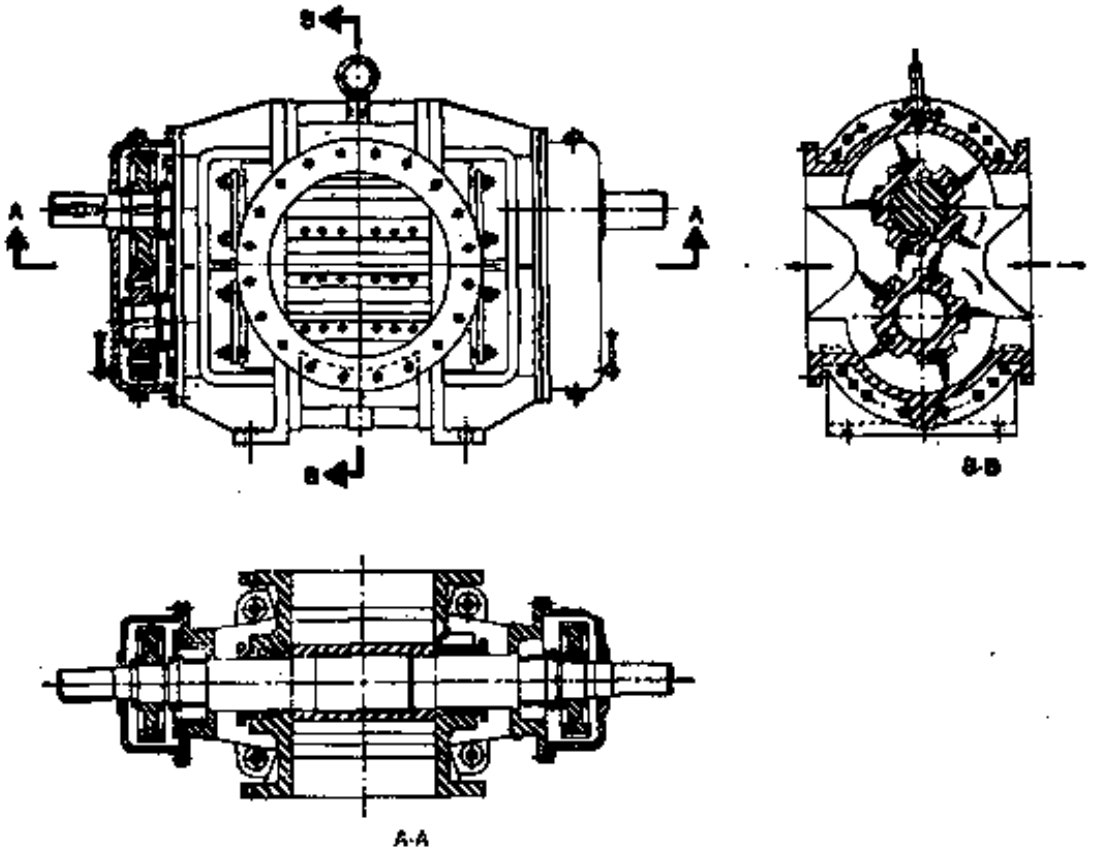


图8-4-26　齿轮式高浓浆泵结构

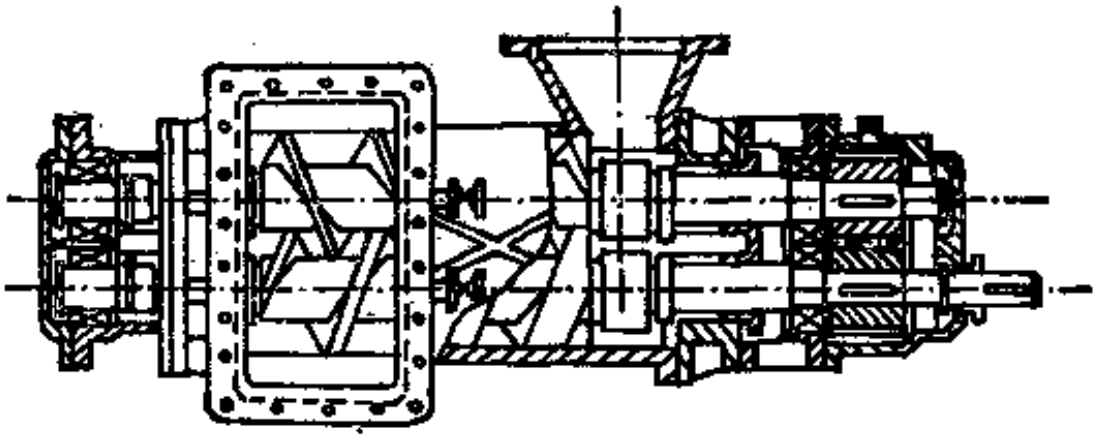


图8-4-27　双螺杆高浓浆泵结构

高浓浆泵应保持连续进料，供浆量均匀，以防止螺旋上部塔桥。

在一定的浆料浓度与输送量下，应尽可能选用转速较低的泵。

泵出口与闸门之间应有一长度不小于800毫米短管，以便于维修。

（3）型号规格及故障原因：：见表8-4-16、8-4-17。

表8-4-16　　国内曾使用的高浓浆泵型号规格

项目 \ 型号	ZBG1	ZBG2	ZBG3
浓度(%)	7～20	7～20	7～20
输浆量(吨/24小时)	30～80	50～200	100～300
每转理论输送容积(米)	0.0065	0.016	0.023
泵输转数(转/分)	140	115	115
出口压力(公斤/厘米²)	3	3.5	4.0
进口直径(毫米)	250	350	400
出口直径(毫米)	200	300	400
适用生产规模(吨/日)	50以下	50～150	100～200以上
喂料电机			JO_2—42—4 5.5千瓦
电动机	$JO_2$61—4 14千瓦	$JO_2$72—4 30千瓦	$JO_2$91—4 55千瓦
	分	左 右	手

表8-4-17　　ZBG 型高浓浆泵规格

项目 \ 型号	ZBG11	ZBG12	ZBG3	ZBG4
1. 额定输浆能力（吨/日）	30～50	90～125	150～200	30～50
2. 额定输浆浓度（%）	9～11	9～11	9～11	9～11
3. 泵轴额定转速（转/分）	140	115	115	350
4. 额定出口压力（公斤/厘米^2）	3	3	4	3
5. 每转理论输送容积（米^3）	0.0065	0.016	0.023	0.002
6. 进出口尺寸（毫米）	ϕ250/ϕ200	ϕ350/ϕ300	ϕ400/ϕ400	175×360/ϕ200
7. 电动机功率（千瓦）	13/115	30/3	55/5.5	13
8. 设备重量（公斤）	～2000	～2800	～3500	～860

注：用于输送绝干浓度为7～15%且经筛选之后的纸浆。

表8-4-18　　泵可能发生的故障及其原因

故障	原因
不出浆、流量低、进浆管堵塞	1. 进浆浓度太低，无法提高出口压力 2. 从其它部位进入泵内的水量过大，造成局部浓度过低 3. 进料严重不均匀，造成进泵管堵桥 4. 导齿与泵壳内壁，主要是侧板间隙过大 5. 送料螺旋或泵轴转速选用不合适 6. 送浆螺旋或泵轴打滑 7. 出口管道及其附件阻力过大
泵体振动大	1. 基础不良 2. 减速箱出轴与泵轴不同心
导齿碰撞	1. 同步齿轮磨损严重 2. 同步齿轮定位销或孔变形，改变了导齿位置 3. 泵轴弯曲
水封不良造成轴颈磨损或超载	1. 水封水压力不够 2. 水封孔堵塞 3. 盘根压置不良 4. 盘根压得太紧

（4）流量计算：适用于浓度7～20%浆：

$G_0 = 1440 V_0 n C$（吨/24小时）

$G = \psi G_0$，　$\psi = \psi_1 \psi_2$

式中　G_0——理论输浆量（吨/24小时）

G——实际输浆量（吨/24小时）

V_0——每转理论输送容积（米^3/转）

n——泵轴额定转速　（转/分）

C——浆料绝干浓度（%）

ψ——容积系数

ψ_1——充满系数

$$\psi_1 = 0.2 + \frac{4}{100\sigma}$$

ψ_2——泄漏系数

$$\psi_2 = \sqrt{1 - \frac{p}{(3 + 5C^5 \times 10^5) v_0 n}}$$

p——泵出口工作压力（公斤/厘米^2）

（5）功率核算：高浓浆泵所配主电机是在额定转速和额定出口压力下，以浓度为10～12%时选定，当浓度较高、管阻较大时应进行功率核算。

$$N = (1.75p + 55C + 2) V_0 n$$

如计算结果超过主电机铭牌功率，应加大输送管直径，降低管阻，或者降低浓度，以降低所耗功率。

（二）螺旋输送机

1．概述

（1）螺旋输送机为输送真空洗浆机等卸下之浆料，干度在8%以上，一般为单线螺距。

（2）螺旋直径有150、200、300、400、500、及600毫米等，输送距离在60米以下，其输送能力为2～200米^3/时。螺旋输送机通

常安装成水平或与水平成20°，特种螺旋输送机也有垂直安装的。

(3)输送机转速有20、30、35、45、60、75、90、120、150及190转/分等。

输送纸浆的螺旋轴极限转数为$\frac{30\sim50}{\sqrt{D}}$(转/分)

式中 D——螺旋直径 (米)

表8-4-19 单线螺旋螺距与螺旋直径的关系

螺旋公称直径 (毫米)	150	200	250	300	400	500	600
大 螺 距(毫米)	150	200	250	300	400	500	600
小 螺 距(毫米)	120	160	200	240	320	400	480

大螺距用于水平输送，小螺距用于倾斜输送。

为提高湿浆与液体混合能力，可做成破碎螺旋叶。

(4)浆叶式螺旋输送机和多线螺旋输送机的螺距无一定标准。

(5)在输送有腐蚀性浆料时，螺旋应包胶。

2．输送能力，输送速度、功率的计算

(1)螺旋输送机的输送能力

按下式计算：

$$Q=60\frac{\pi D^2}{4}sn\varphi c=47D^2sn\varphi c(\text{吨/小时})$$

式中 D——螺旋外径 (米)

S——螺距 (米)

n——螺旋转数 (转/分)

φ——填充系数，湿浆0.25，干浆0.3

C——浆料浓度 (%)

(2)物料输送速度

$$V=\frac{ns}{60}(\text{米/秒})$$

式中n，s的含义同前式。

(3) 电动机功率

用于水平输送时，$N=\frac{V\quad \gamma\ L\ W}{270\times 0.86\times 0.75}$(千瓦)

用于斜置输送时，$N=\frac{V\quad L\quad \gamma}{270\times 0.86\times 0.75}\left(\frac{\sin\alpha}{0.9}+\cos\alpha w\right)$

(千瓦)

式中 V——螺旋输送机的输送能力 (米^3/小时)

L——螺旋输送机的长度 (米)

γ——堆积重量(吨/米^3)，浆=1.1

W——阻力系数，干浆=3，湿浆=4

α——螺旋输送机倾斜角度

三、浆管及工艺管道

(一) 浆泵的吸入管道

设斗浆泵管道时，进浆管入口应有倒灌压头H_1，否则进浆管内会产生负压，影响浆泵的性能。

$$H_1\geqslant\frac{v_1^2}{2g}+H_{1\text{阻}}\text{(米)}$$

式中 v_1——进浆管内浆料流速 (米/秒)

$H_{1\text{阻}}$——进浆管道及其附件的总摩擦损失压头(米)

g——重力加速度，9.81米/秒^2

根据浆料的浓度，吸浆管的静扬程(超过泵轴的浆料水平)如表8-4-20所示。

当进浆管上配有直径不同的接头时，应按图8-4-28a所示方式联接，图8-4-28中b和c的联接方式会在管道上方产生空气袋。

当进浆管上配有闸门时，闸门应横装，不得垂直安装，否则闸门上方会聚积空气。

表8-4-20　　吸浆管扬程

名称 \ 浆浓(%)	2	3	4	5	6
在吸浆管中的静扬程(米)	0.6	1.1	1.8	2.7	3.9
在吸浆管中的速度(米/秒)	1.2	1.1	1.0	0.7	0.3

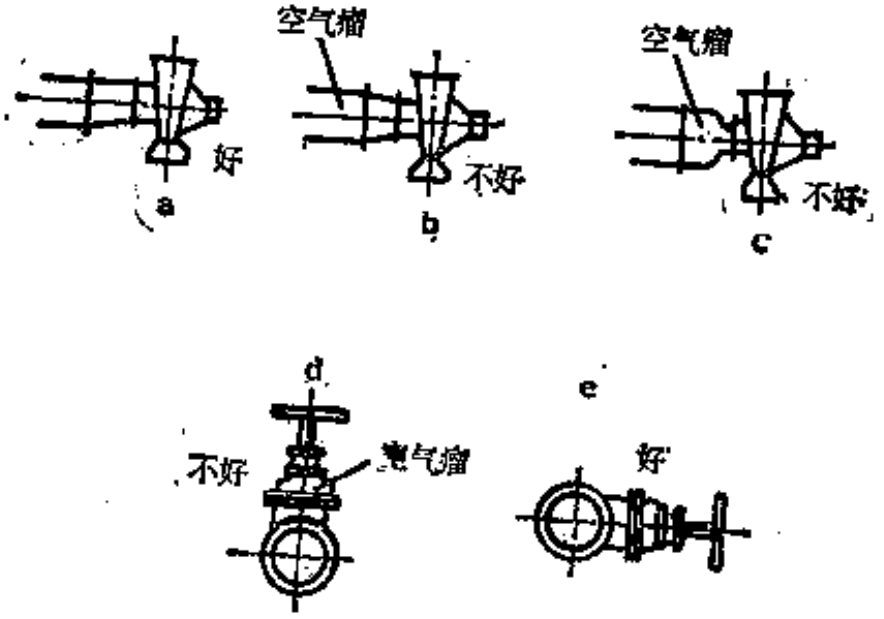


图8-4-28　闸门安装图

吸浆管道应尽可能的短，不应有标准管弯，只允许有大半径管弯。

（二）影响压头损失的因素

由于纸浆浓度不同，其流动情况也不同，故其摩擦损失相当复杂。即管路的摩擦损失随着纸浆种类、速度、浓度、打浆度、湿度、管路材料等而变化。

1．浆种的影响

不同浆种在铜管内的摩擦损失，其计算校正系数见表8-4-21。

2．流速的影响

见图8-4-29。浆料在管道内的流速推荐值见表8-4-22。

表8-4-21　　几种浆料在直径200毫米

打浆度 (°SR)	浆料	在下列速度（米/秒）					
		0.5			1.0		
		浆料			浆料		
		20	30	40	20	30	40
20	本色草浆	1	4	7.4	1.06	3.25	8.6
50	漂白草浆	2.2	7.3	15.7	1.85	7.1	18.0
20	未漂亚硫酸盐木浆	2.95	7.0	12.5	2.65	8.8	16.5
22	漂白亚硫酸盐木浆	3.35	7.6	14.2	2.6	10.05	20.0
14	硫酸盐木浆	3.4	7.2	12.8	4.7	10.8	19.2
52	褐色磨木浆	3.2	9.2	17.2	2.65	10.5	24.0
71	白色磨木浆	4.1	11.5	26.0	3.75	13.5	29.5

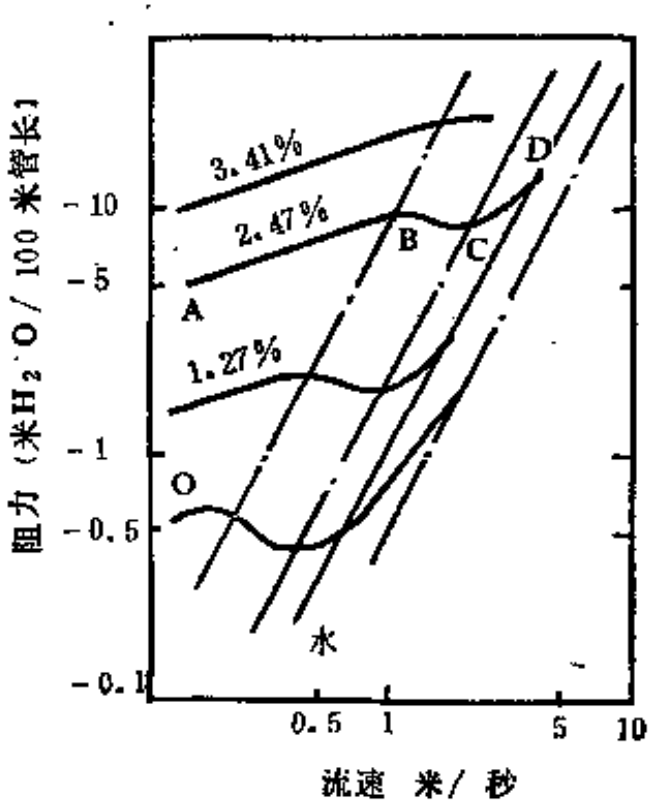


图8-4-29　典型的纸浆管道阻力-流速曲线未经打浆的本色硫酸盐木浆(打浆度16°SR，温度19℃)，图中百分数表示纸浆浓度

长200米的铜管内的摩擦损失

下	的	摩	擦	损	失	（米）		
1.5			2.0			3.0		
浓			度			（克/升）		
20	30	40	20	30	40	20	30	40
1.3	3.3	7.5	1.6	3.75	7.2	2.2	4.6	8.2
2.1	6.3	17.5	2.35	6.1	16.0	2.9	6.8	14.0
1.95	8.8	18.02	2.0	7.3	18.5	2.2	5.9	15.30
2.15	9.0	23.0	2.45	7.3	23.0	3.2	6.8	17.5
3.8	13.5	24.3	3.4	14.5	29.0	3.8	11.5	32.5
2.85	9.5	25.2	3.25	8.9	23.5	4.3	9.7	21.5
3.45	13.0	31.0	3.3	12.2	31.0	3.8	11.0	29.0

表8-4-22　　推荐的浆料在管道中的流速

浓度(%)	1	2	2～3	3～4	5～8
流速(米/秒)	1.5～2.5	1.5～2.5	0.6～0.8	0.4～0.6	0.2～0.5

3．温度的影响

温度变化引起水的粘度的变化，而管阻亦随之变化。温度每升高1℃，管阻约降低1%。

4．打浆度的影响

一般打浆度上升，管阻增加，见表8-4-23。

表8-4-24为在推荐的流速下管件中的压头损失，按下列等量长度计算(d-管的直径)。

从生铁管图表查得的阻力系数的修正率：平滑壁面的管为0.9，含高岭土的浆料为0.9。

5．干燥后再解离成液体浆的管阻

干燥过的本色浆的管阻较新鲜液体浆低33～43%，漂白浆低24～29%。随着流速的增加，管阻达到最大值后，继续增加流速

时，干燥过的浆和新鲜液体浆的管阻逐渐接近。

表8-4-23　　长100米的生铁管在1米/秒的速度下的摩擦损失

浆料特性	在下列浓度下的损失(米)								
	30克/升			40克/升			50克/升		
	管子的直径(毫米)								
	150	200	250	150	200	250	150	200	250
下列打浆度的亚硫酸盐浆									
17.8°SR	13	9	8	25	18	17	40	30	28
36.8°SR	14	9.5	8	29	19.5	18.6			
79.0°SR	18	13	10.5	36.5	26	22		45	39
打浆度76.8°SR、含26%高岭土的磨木浆	19	14	11.5	43	31.5	26			
71°SR磨木浆	27.5	17.5	15	54	38	32	95	69	60

表8-4-24　　管件的压头损失

浆料浓度(%)	0～1	1～2	3～5
管弯	20d	10d	6d
三通管(浆料直线运动)	4d	4d	4d
三通管(浆料带旋涡运动)	60d	30d	30d
闸门(全开)	2d	2d	2d

6. 管道材料的影响

表8-4-25　　不同浆种和管材的阻力影响比值

浆种 \ 管材	钢管	不锈钢管	聚乙烯管
漂白硫酸盐木浆	100%	90%	85%
漂白亚硫酸盐木浆	100%	90%	85%
磨木浆	150%	90%	85%
化学磨木浆	110%	90%	85%
未漂亚硫酸盐木浆	110%	90%	85%
未漂硫酸盐木浆	110%	90%	85%

（三）管道阻力计算

浆管摩擦损失的计算：

(1) 计算方法之一

$$H_{阻}=(L+\Sigma L_{当})\frac{f}{100}(米)$$

式中 L——管道总长度(米)

$\Sigma L_{当}$——管道附件的总当量长度(米)

f——每 100 米直管道中的摩擦损失压头(米)，按下式 计算：

$$f=\frac{Av^{a}Cb}{D}(米)$$

式中 D——管道内径(米)

v——管道内的浆速(米/秒)

c——浆料浓度(%)

a、b、A——系数，见表8-4-26。

上式仅适用于铜管或钢管，铸铁管应乘以1.1，塑料管乘0.8。

当浆料中含有大量填料时，f值降低：

填料含量(%)	5	10	15	20	25	30
f值降低率	0.968	0.936	0.904	0.872	0.840	0.808

(2)计算方法之二($TAPPI$法)

$$H_{阻}=K\frac{L+\Sigma L_{当}}{D_0}\times\frac{v_t}{2g}(米)$$

式中 L——浆管直管部分的总长度(米)

$\Sigma L_{当}$——管道附件的总当量长度(米)，见表8-4-27

D_0——浆管的内径(米)

g——重力加速度

v_t——纸浆的初剪力速度(米/秒)，见图8-4-30

表8-4-26　　系　数　a，b，A值

浆　种	打浆度(°SR)	A	a	b
	14	0.218	0.6	2.08
未漂硫酸盐木浆	33.5	0.254	0.55	2.12
	52	0.238	0.445	2.24
	81	0.178	0.25	2.55
未漂亚硫酸盐木浆	18	0.229	0.43	1.93
	20	0.238	0.428	1.935
	25.3	0.254	0.422	1.94
	32	0.26	0.4	1.965
	36.8	0.256	0.377	1.985
	40.3	0.242	0.36	2.01
	51.5	0.213	0.315	2.08
	66	0.185	0.266	2.22
	75	0.176	0.25	2.36
	22	0.192	0.536	2.15
漂白亚硫酸盐木浆	46	0.134	0.32	2.27
	72	0.146	0.32	2.49
	87	0.119	0.32	2.63
机械木浆	71	0.19	0.31	2.5
褐色磨木浆	62	0.205	0.48	2.25
漂白稻草浆	50	0.116	0.42	2.65
未漂稻草浆	20	0.177	0.71	1.85

K——阻力系数，K可根据比速$\frac{v}{v_t}$及$\frac{\lambda^2}{\sqrt{\Delta}}$从图表中查得，

其中：

v——浆在管内的平均流速(米/秒)

λ——纤维平均长度(毫米)

Δ——管壁的绝对粗糙度(毫米)，见表8-4-28

表8-4-27　　管道附件当量长度

浆料浓度 (%)	90°焊接弯头 R=1.5～2D	侧流三通 → ↓	直流三通 → →	45°扩散管 →◁→	浆闸门全开	旋转阀门全开
2	$16D_0$	$24D_0$	$2D_0$	$14D_0$	3.3(米)	3.3(米)
3	$12D_0$	$15D_0$	$2D_0$	$10D_0$	2.9(米)	2.9(米)
4	$8D_0$	$12D_0$	$2D_0$	$6D_0$	2.5(米)	2.5(米)
5以上	$6D_0$	$9D_0$	$2D_0$	$4D_0$	2.1(米)	2.1(米)

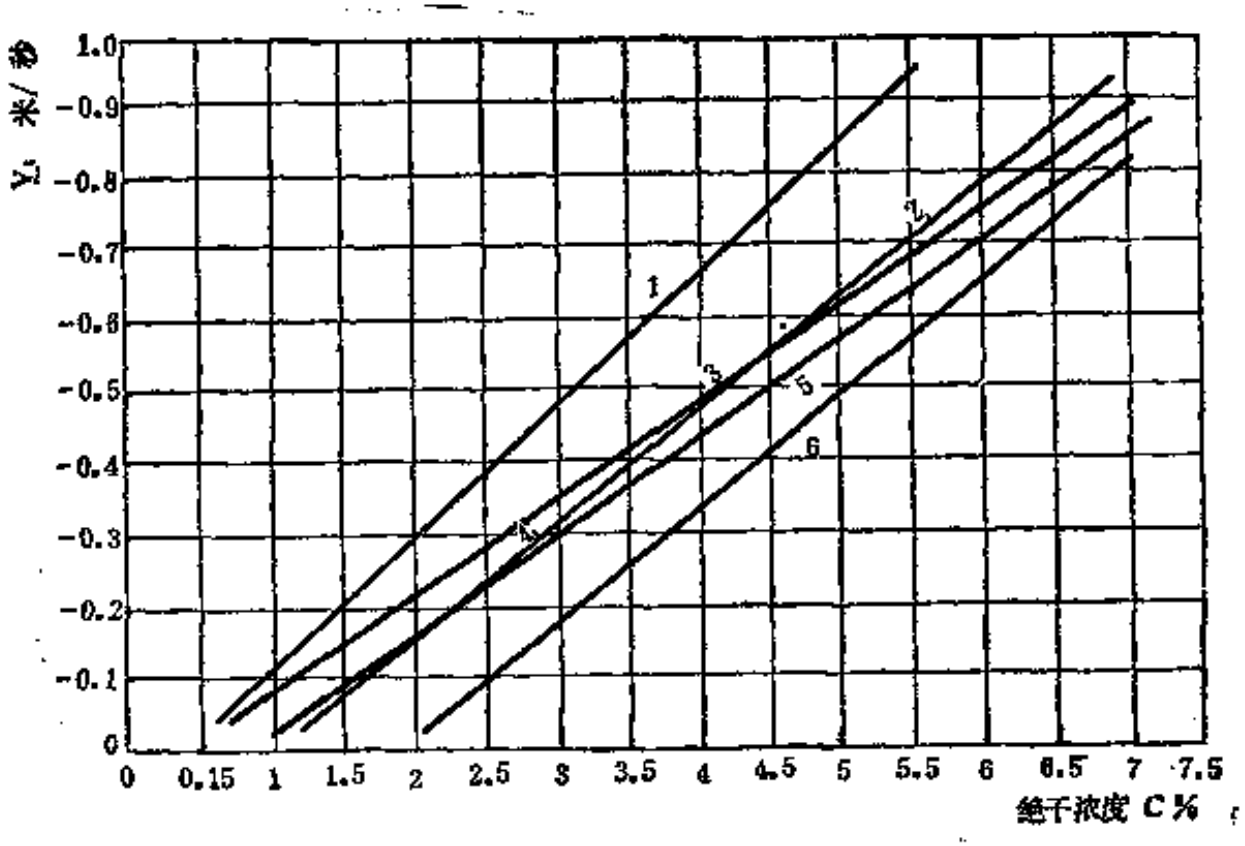


图8-4-30　几种浆的初剪力速度V_1测定值

1——硫酸盐木浆(λ=1.4毫米，16.5°SR，15℃)
2——硫酸盐木浆板(λ=1.6毫米，17°SR，15℃)
3——未漂稻麦草浆(λ=0.625毫米，43°SR，15℃)
4——机械木浆(λ=0.79毫米，61°SR，10℃)
5——未漂亚硫酸盐苇浆(λ=0.745毫米，33.5°SR，15℃)
6——碱氧法蔗渣半化学浆(λ=1.84毫米，10℃)

表8-4-28　　管壁的绝对粗糙度Δ

管子种类	Δ毫米
塑料管	0.01～0.02
新无缝钢管	0.04～0.12
使用若干年的无缝钢管	0.19
螺旋焊接钢管	0.25～0.3
铸铁管	0.25～0.42

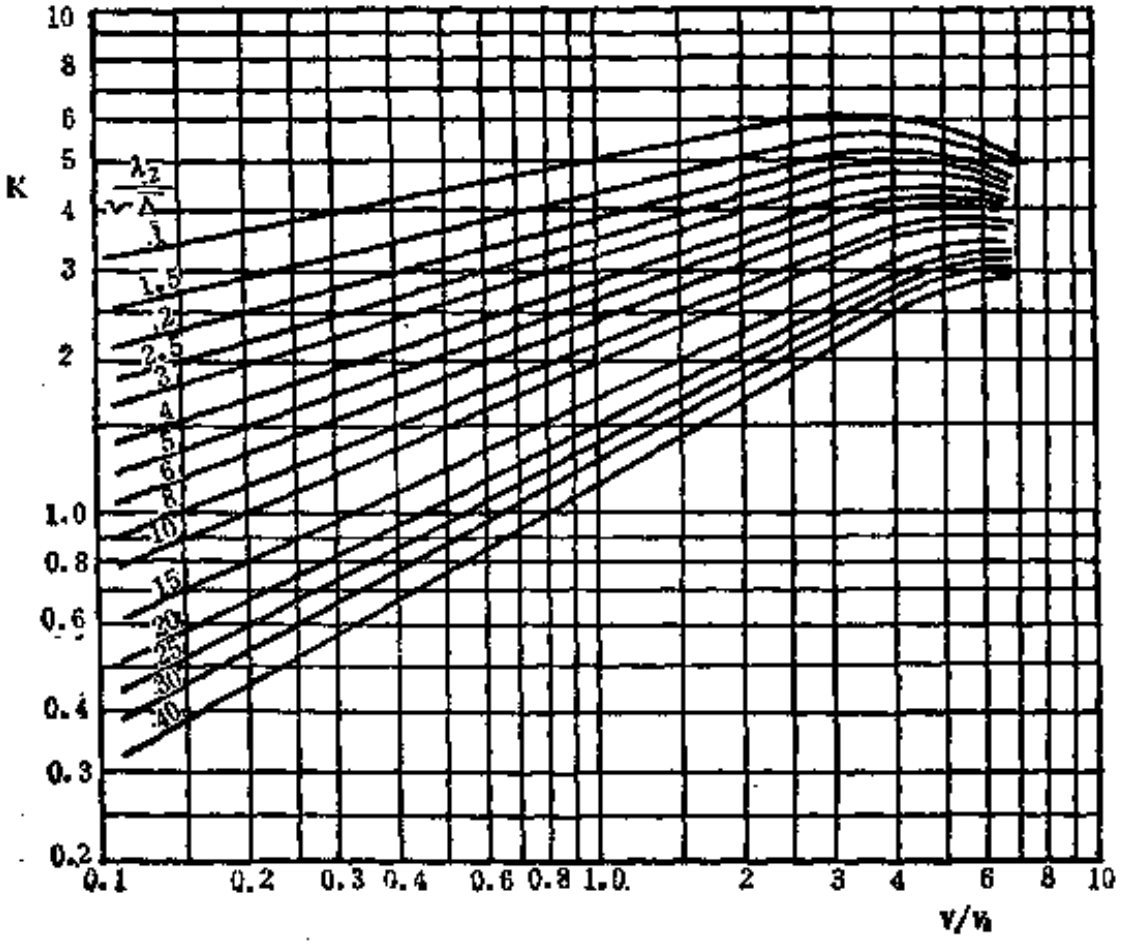


图8-4-31　浆管阻力系数(实测)

计算管阻举例：

输送亚硫酸盐苇浆，浓度5.8%，流量10升/秒，输送高度8米，用φ150毫米无缝钢管，管长55米，管路上有三个90°焊接弯头，两个闸门，求总扬程：

解：三个90°焊接弯头，两个闸门，查表8-4-27：

$\Sigma L_{当}=3\times6\times0.15+2\times2.1=6.9$米

当浓度$C=5.8\%$，从图8-4-30查得亚硫酸盐苇浆初剪切力$v_t=0.7$米/秒

$$\text{浆压管内流速 } v=\frac{Q}{\frac{\pi}{4}D_0^2}=0.574\text{米/秒}$$

苇浆纤维长=0.745毫米，钢管粗糙度$\Delta=0.08$毫米

$$\text{根据}v/v_t=\frac{0.574}{0.7}=0.82;\ \frac{\lambda^2}{\sqrt{\Delta}}=\frac{0.745^2}{\sqrt{0.08}}=1.96$$

从图8-4-31查得，$K=3.6$ $H_{阻}=K$

$$\frac{L+\Sigma L_{当}}{D_0}\times\frac{v_t^2}{2g}$$

$$H_{阻}=3.6\times\frac{55+6.9}{0.15}\times\frac{0.7^2}{2\times9.81}=37.4\text{米}$$

总扬程=37.4+8=45.4米

(3) 高浓浆管阻力损失压头计算：

$$f=f_0\left(\frac{412}{D}\right)^m\times\frac{LK}{100}$$

式中 f——管径D、长度L、流速v及浓度C条件下的管阻(米)

f_0——在v及C下管内径412毫米时的管阻，由图8-4-32查得

D——管内径(毫米)

L——管全长(米)

m——系数，一般0.5～1

K——浆种系数0.8～1.2(漂白硫酸盐木浆为1，草浆0.8，磨木浆1.2)

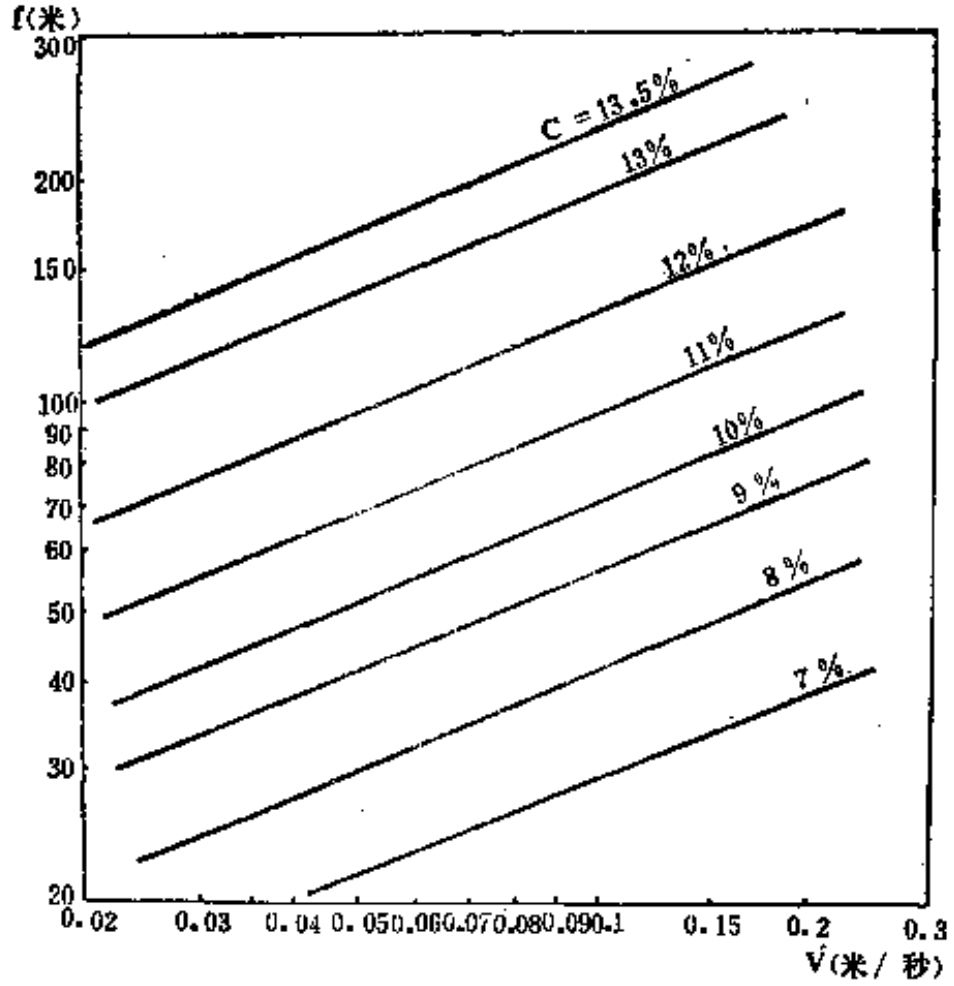


图8-4-32
内径412毫米焊接钢管每100米长的管道阻力
浆种：漂白硫酸盐木浆

（4）不同浓度亚硫酸盐浆/磨木浆的压头损失

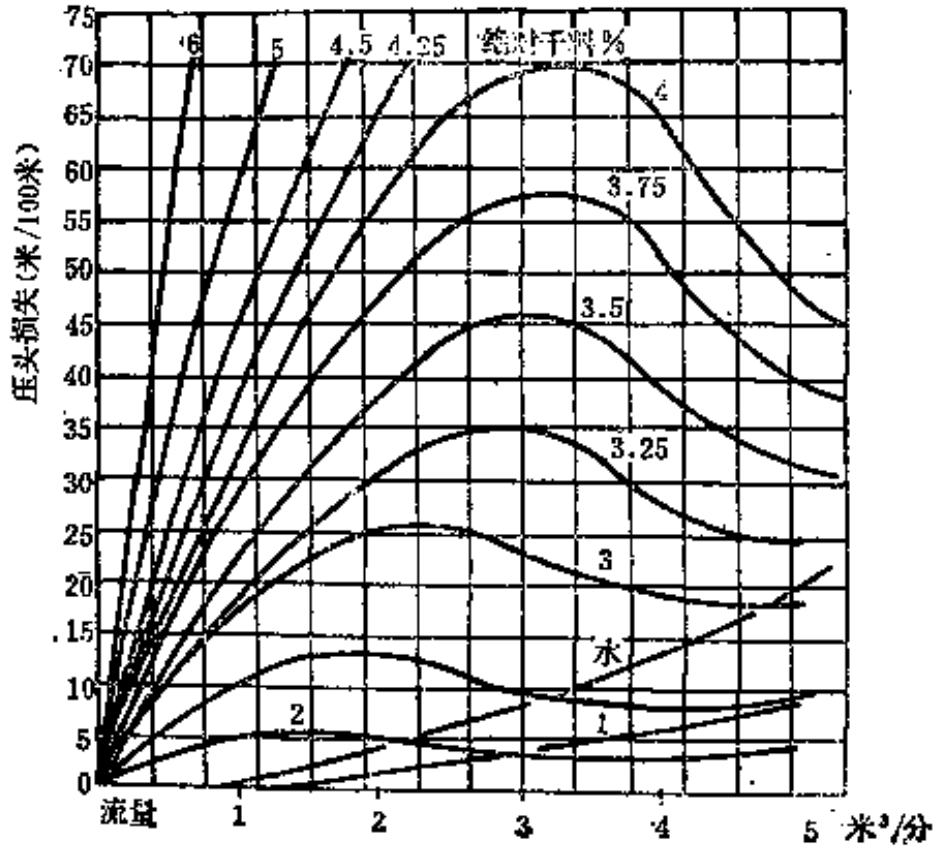


图8-4-33
亚硫酸盐木浆经φ150毫米铸铁管压头损失

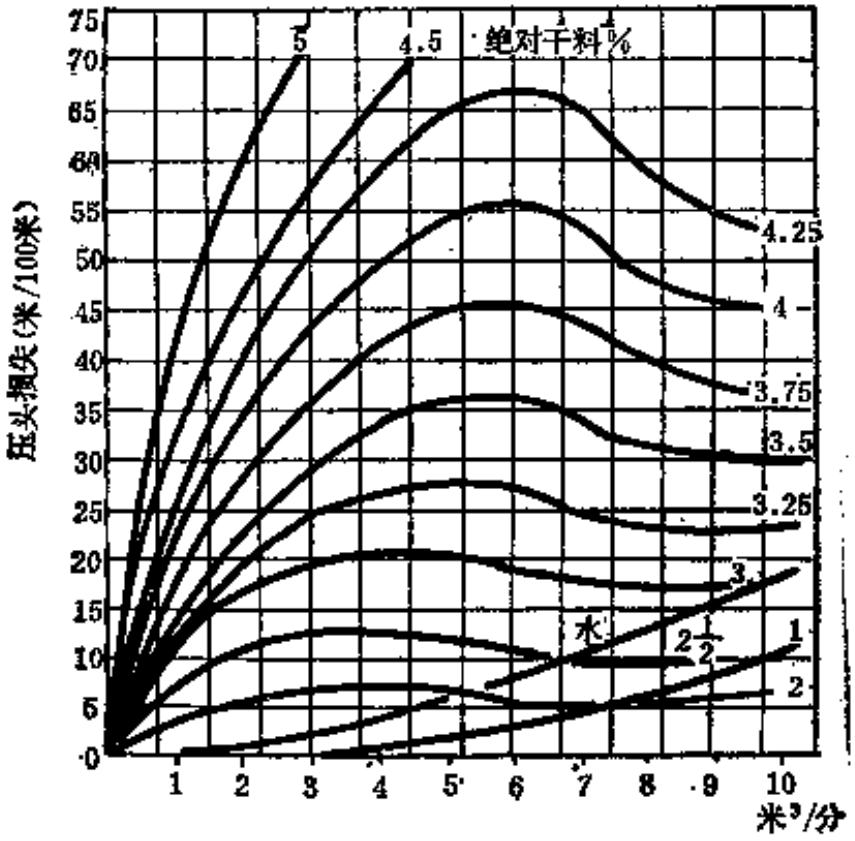


图8-4-34　亚硫酸盐木浆经φ200毫米铸铁管压头损失

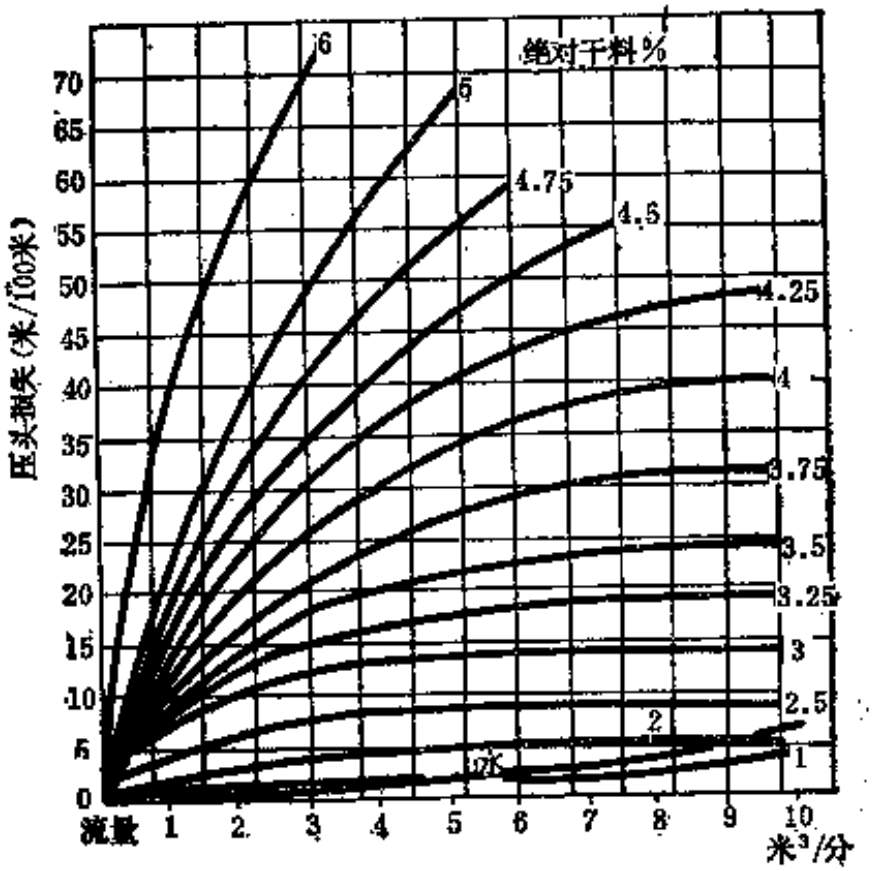


图8-4-35　亚硫酸盐木浆经φ250毫米铸铁管时压头损失

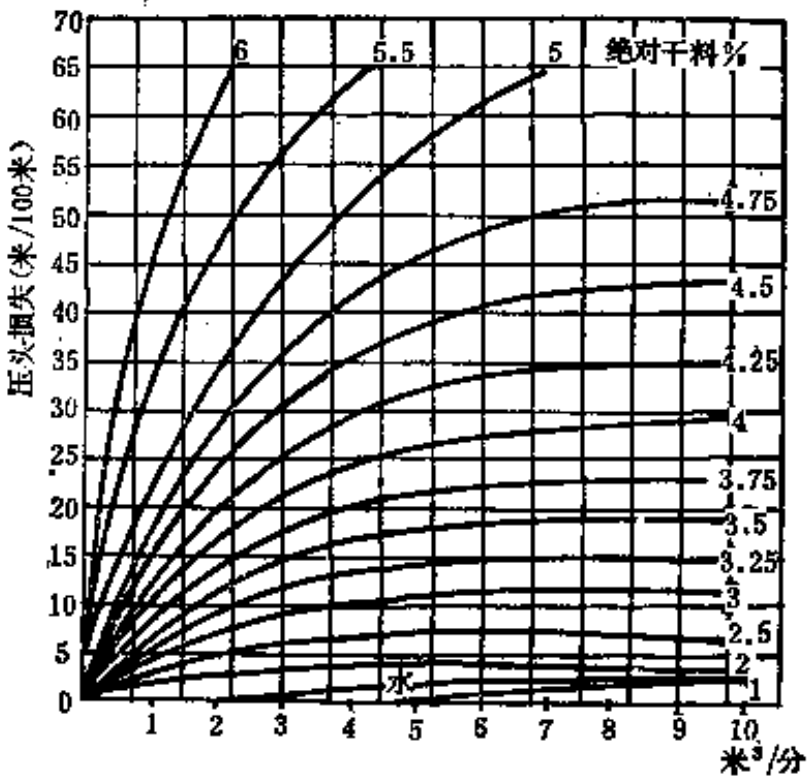


图8-4-36　亚硫酸盐木浆经ϕ300毫米铸铁管时压头损失

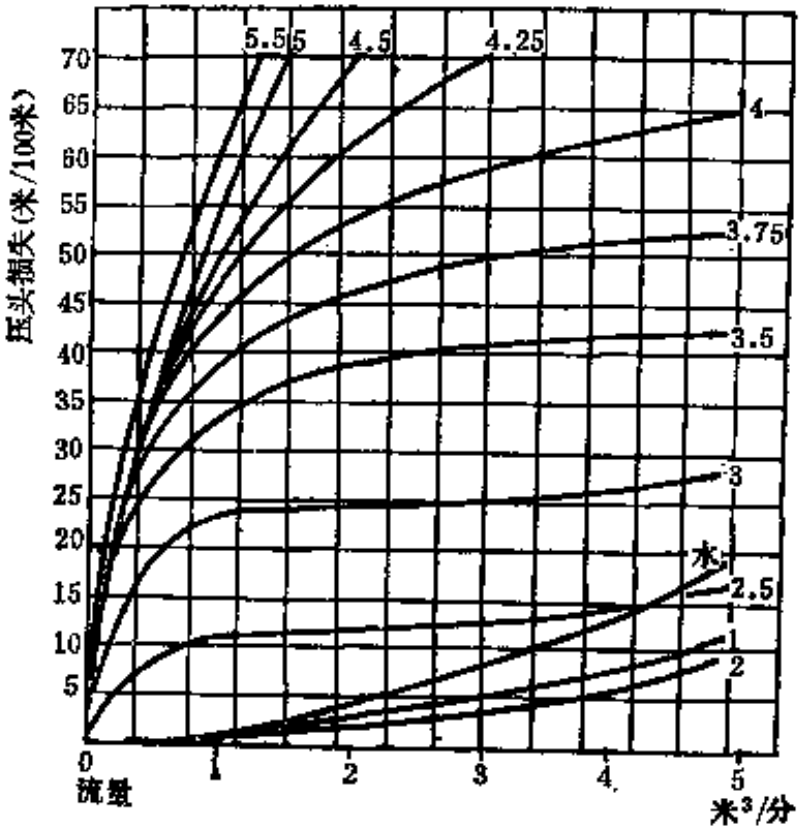


图8-4-37　磨木浆经ϕ150毫米铸铁管时压头损失

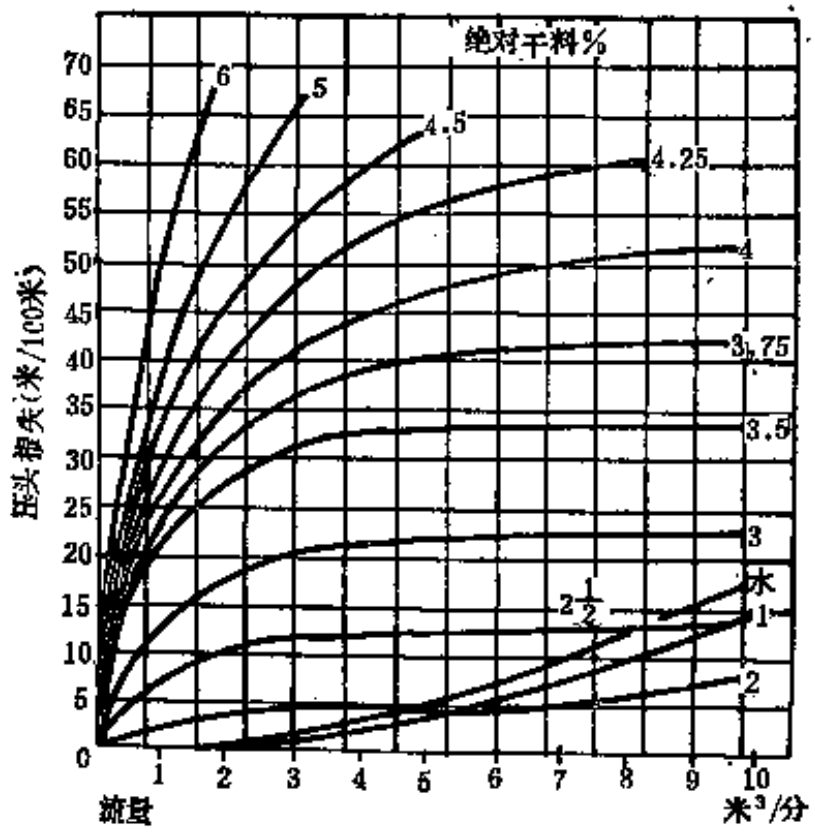


图8-4-38　磨木浆经ϕ200毫米铸铁管时压头损失

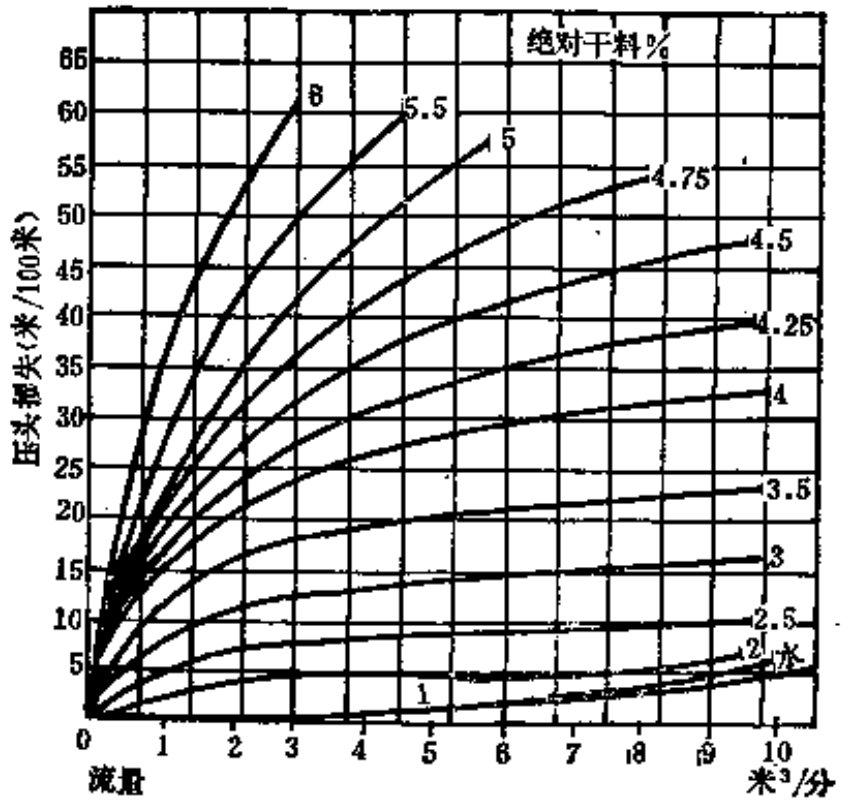


图8-4-39　磨木浆经ϕ250毫米铸铁管时压头损失

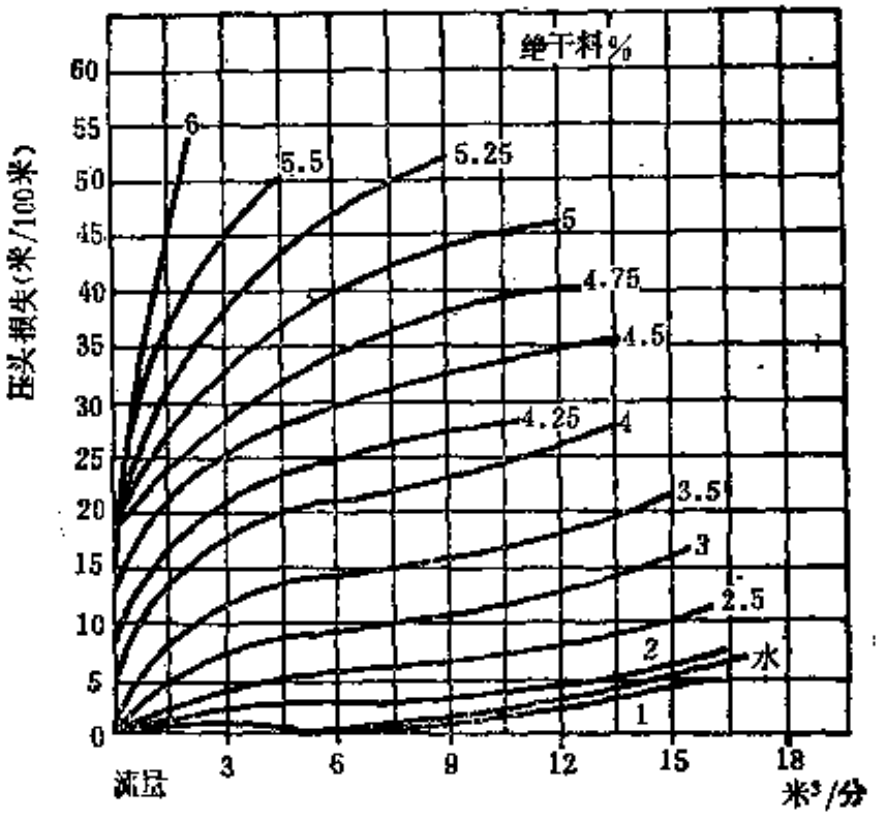


图8-4-40　磨木浆经φ300毫米铸铁管的压头损失

（四）浆管及工艺管道设计参考表

表8-4-29　　浆料流速参考表

浓度 (%)	流速(米/秒)	管径(毫米)					
		100～200		250～300		350～600	
		碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢
<1	0.3～3.5	1.4	1.6	1.6	1.8	1.8	2.4
1.5	0.3～3.5	1.3	1.5	1.5	1.7	1.7	2.2
2.0	0.3～3.0	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6	2.0
3.0	0.3～2.1	0.8	1.0	1.0	1.2	1.2	1.4
3.5	0.3～1.5			0.8	0.8	0.8	1.0
4.5	0.3～1.5			0.4	0.5	0.6	0.7
6～10	0.25～1.0			0.25	0.3	0.3	0.4

表8-4-30

管径选择表

管径(毫米) \ 流速(米/秒) 流量(升/秒)	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	1.00	1.20	1.50	1.80	2.00	2.20	2.50	2.80	3.00
15						0.11	0.13	0.16	0.20	0.24	0.27	0.292	0.333	0.372	0.40
25						0.40	0.50	0.60	0.75	0.90	1.00	1.08	1.23	1.38	1.48
32						0.70	0.85	1.03	1.28	1.55	1.70	1.88	2.15	2.35	2.55
40						0.95	1.20	1.45	1.80	2.18	2.40	2.63	3.00	3.35	3.60
50	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.60	1.95	2.35	2.95	3.55	3.90	4.30	4.90	5.50	6.90
70	0.65	0.83	1.00	1.33	1.65	2.70	3.30	4.00	5.00	6.00	6.60	7.30	8.30	9.30	10.0
80	1.00	1.25	1.45	1.95	2.45	3.90	4.90	5.90	7.35	8.85	9.80	10.75	12.25	13.75	14.75
100	1.65	2.10	2.50	3.30	4.20	6.70	8.30	10.00	12.50	15.00	16.70	18.30	20.80	23.30	25.00
125	2.50	3.10	3.70	4.90	6.10	9.80	12.25	15.00	18.50	22.00	24.50	27.00	30.70	34.50	36.80
150	3.50	4.40	5.30	7.00	8.90	14.20	17.70	21.20	26.50	31.80	35.30	38.00	44.20	49.50	53.00
200	6.25	8.00	9.50	9.70	12.00	25.30	31.50	37.80	47.30	56.80	63.00	69.40	78.60	88.00	94.40
250	10.00	12.50	14.50	19.50	24.50	39.50	49.00	59.00	73.50	88.50	98.00	108.00	122.50	137.50	147.00
300	14.00	17.50	21.00	28.00	35.00	56.50	71.00	85.00	106.00	127.00	141.00	155.00	177.00	198.00	212.00
350	19.00	24.50	29.00	38.00	48.00	77.00	96.00	115.00	144.00	173.00	192.00	211.00	240.00	269.00	288.90
400	25.50	31.50	38.00	50.00	63.00	100.00	126.00	150.00	188.00	226.00	251.00	276.50	314.00	352.00	377.00
500				78.00	98.0	156.00	196.00	234.50	293.00	353.00	392.00	432.00	490.00	550.00	588.00

表8-4-51　　管 道 支 架 及 吊 架　GZS102—75

管道公称通径Dg	管道外径D		b	b_1	c	管架间距	备注
	无缝钢管	对缝焊接钢管	不保温管路/保温管路		不保温管路/保温管路	不保温管路/保温管路	
15($\frac{1}{2}$")	18	21.25	31/	11		3/2	钩钉支架
15($\frac{1}{2}$")	18	21.25	64/	11		3/2	单管立式支架
20($\frac{3}{4}$")	25	26.75	33.5/	13.5		3/2	钩钉支架
20($\frac{3}{4}$")	26	26.75	67/	17		3/2	单管立式支架
25(1")	32	33.5	41/	21		3/2	钩钉支架
25(1")	32	33.5	70/	17		3/2	单管立式支架
32			46/	21		3/2	钩钉支架
32			74/	21		3/2	单管立式支架
40(1$\frac{1}{2}$")	45	48.00	49/	24		5/3	钩钉支架
40(1$\frac{1}{2}$")	45	48.00	77/	24		5/3	单管立式支架
50(2")	57	60.00	120/120	65	150/200	6/4	沿墙安装单管、双管支架
70(2$\frac{1}{2}$")	76	76.50	130/130	75	170/220	6/4	
80(3")	89	88.50	140/140	85	190/230	6/4	

续表

管道公称通径Dg	管道外径D		b	b_1	c	管架间距	备注
	无缝钢管	对缝焊接钢管	不保温管路/保温管路		不保温管路/保温管路	不保温管路/保温管路	
100(4″)	108	114.00	150/160	100	210/260	6/5	沿墙安装单管、双管支架。
125(5″)	133	140.00	170/170	110	240/280	6/5	
150(6″)	159	165.00	180/180	130	270/310	6	
200	219		210/210	155	320/360	6	
250	273		240/240	190	370/420	6	
300	325		270/270	215	430/470	6	
350	377		310/314	240		6	
400	426		340/370	280		6	
450	478		380/405	310		6	
500	529		415/485	340		6	
600	630		480/485	390		6	

说明：1. 单位除管道间距以米表示外，其余均以毫米表示。

2. 本表系根据原建工部设计局组织编制的"管道支架及吊架（S119）"汇编。直径350毫米以上的管子，管道支架吊架尺寸则根据QTZ8-2汇编。

3. 表中符号：b：墙或柱边到管道中心距；b_1：管道中心到支架尽端距；C：两管中心距。

表8-4-32　　工艺管道支架最大允许间距

(GZS103—75)

管道名称	公称直径 Dg	公称直径 (dg)	管架最大间距 M 不保温	管架最大间距 M 13公斤/厘米² 保温	管架最大间距 M 10公斤/厘米² 保温	备注
无缝钢管	15		3	2		
	20		3	2		
	25		3	2		
	32		3.2	1.8		
	40		3.7	2.1		
	50		4.9	2.3	2.5	
	65		6.0	2.8	3.4	
	80		6.7	3.2	3.7	
	100		7.6	3.7	4.2	
	125		8.8	4.2	5.0	
	150		9.8	4.8	5.8	
	200		9.9	6.8	8.0	
	250		12.8	7.6	9.6	
	300		13.0	8.7	10.7	
	350		14.3	9.0	11.2	
	400		14.8	9.6	12.8	
塑料管	25～40		1.5			(1)室内管道、管内介质的温度为常温
	50～80		2.0			(2)沿管子轴向用型钢托支安装者不在此限
	≥100		3			

说明：无缝钢管按(1)10-GB699-65；(2)A3-GB700-65执行。

管道支架及吊架，一般采用原建工部给水排水标准图集。

表8-4-33

工艺管道材料的选用
(GZS108—75)

序号	输送介质	管道材料
1	纸浆、白水 清水、污水、热水 稀黑液 松香胶液、填料 石灰乳 稀白液、滤液 绿泥、白泥 排汽 二次蒸汽 真空	$D_g \leqslant 150$用水、煤气输送钢管(YB) 234—63 $D_g \geqslant 200$ 用直缝卷焊钢管纸浆、白水，pH值低的或特殊质量要求的用不锈钢管。
2	蒸汽、蒸汽凝结水 高压水 压缩空气 浓黑液 绿液、白液 蒸煮液、蒸锅放汽 烧碱液	无缝钢管(YB231—64)，其中，蒸汽管$D_g \geqslant 200$者用螺旋电焊钢管 (SYB10004—63)
3	氯化纸浆和白水 氯气 漂液 明矾液	硬聚氯乙烯塑料管(HG2—63—65)衬胶或衬塑钢管

表8-4-34　　工艺管道规格及弯曲半径

(GZS109—75)

名　称	公称直径 Dg		外径×壁厚 D×b(毫米)	每米管道重量(公斤/米)	弯曲半径R		备　注
					热	冷	
水、煤气输送管 (YB234—63)	15	$\frac{1}{2}$″	21.25×2.75	1.25	65	130	
	20	$\frac{3}{4}$″	26.73×2.75	1.63	80	160	
	25	1″	33.5×3.25	2.42	100	200	
	32	$1\frac{1}{4}$″	42.25×3.25	3.13	130	250	
	40	$1\frac{1}{2}$″	48×3.5	3.84	150	290	
	50	2″	60×3.5	4.88	180	360	
	70	$2\frac{1}{2}$″	75.5×3.75	6.64	225	450	
	80	3″	88.5×4	8.34	265	530	
	100	4″	114×4	10.85	340	680	
	125	5″	140×4.5	15.04	—	—	
	150	6″	165×4.5	17.81	—	—	
直缝卷焊钢管	200	8″	219×6	31.52	—		
	250	10″	273×6	39.51	—		
	300	12″	325×6	47.20	—		
	350	14″	377×6	54.89	—		
	400	16″	426×6	62.14	—		
	450	18″	478×6	69.84	—		
	500	20″	529×8	102.78	—		
	600	24″	630×8	122.71	—		
螺旋电焊钢管 (SYB10004—63)	200	8″	219×7	36.60	—		
	250	10″	273×7	45.92	—		
	300	12″	325×7	54.90	—		
	350	14″	377×7	63.83	—		
	400	16″	426×7	72.33	—		
	450	18″	478×7	81.31	—		
	500	20″	529×7	90.11	—		
	600	24″	630×7	107.5	—		

续表

名　称	公称直径 Dg		外径×壁厚 D×b(毫米)	每米管道重量(公斤/米)	弯曲半径R	备　注
硬聚氯乙烯塑料管 (HGZ—63—65)	8	$\frac{1}{4}$″	12.5×2.25	—	30	
	10	$\frac{3}{8}$″	15×2.5	—	45	
	15	$\frac{1}{2}$″	20×2	0.16	60	
	20	$\frac{3}{4}$″	25×2	0.20	80	
硬聚氯乙烯塑料管	25	1″	32×3	0.38	110	
	32	$1\frac{1}{4}$″	40×3.5	0.56	150	
	40	$1\frac{1}{2}$″	51×4	0.88	180	
	50	2″	65×4.5	1.17	240	
	65	$2\frac{1}{2}$″	76×5	1.56	330	
	80	3″	90×6	2.20	400	
	100	4″	114×7	3.30	500	
	125	5″	140×8	4.54	600	
	150	6″	166×8	5.60	800	
	200	8″	218×10	7.50	—	一般不宜在承压情况下使用
	250	10″	270×10	—	—	
	300	12″	320×10	—	—	
无缝钢管 (YB231—70)	8	$\frac{1}{4}$″	12×2	0.493	—	
	10	$\frac{3}{8}$″	14×3	0.814	18	
	15	$\frac{1}{2}$″	18×3	1.110	28	
	20	$\frac{3}{4}$″	25×3	1.63	50	
	25	1″	32×3.5	2.46	60	
	32	$1\frac{1}{4}$″	38×3.5	2.59	70	
	40	$1\frac{1}{2}$″	45×3.5	3.11	90	
	50	2″	57×3.5	4.62	110	

续 表

名 称	公称直径 Dg		外径×壁厚 D×b(毫米)	每米管道重量(公斤/米)	弯曲半径R	备 注
无缝钢管	70	$2\frac{1}{2}''$	76×4	8.81	225	
(YB231—70)	80	3″	89×4	8.38	250	
	100	4″	108×4	10.26	360	
	125	5″	133×4	12.75	400	
	150	6″	159×4.5	17.15	450	
	200	8″	219×6	31.52	630	
	250	10″	273×8	51.28	800	
	300	12″	325×8	62.54	900	
	350	14″	377×9	81.68		
	400	16″	426×10	102.69		
	450	18″	480×10	115.90		
	500	20″	530×12	154.29		

表8-4-35 工 艺 阀 门 选 用 表

(GZS110—75)

名 称	型 号	介质温度(℃)	公称直径(毫米)	使 用 介 质
一、截止阀				
内螺纹截止阀	J11X—10	60	15～65	清水
截 止 阀	J14X—10	60	25～150	清水
内螺纹截止阀	J11T—16	200	15～65	热水、凝结水、蒸汽
截 止 阀	J41T—16	200	15～150	蒸气、热水、凝结水、压缩空气蒸煮系统碱液、汽、蒸发不凝缩气体、油、浆
截 止 阀	J41H—25K	300	25～80	锅炉给水，与蒸煮锅连
截 止 阀	J41H—40Q	350	15～150	接的各种阀门
截 止 阀	J41W—16	100	15～150	
塑料截止阀			25～50	明矾液、漂液、氯气
直流式衬胶阀	J45CJ—6	60	40～200	明矾液、漂液、氯化纸浆
直流式衬铅阀	J45CQ—6	100	25～200	
隔膜式衬胶阀	G41CJ—6	60	15～250	

续表

名　称	型　号	介质温度（℃）	公称直径（毫米）	使用介质
二、闸阀				
浆闸阀	QZ9910至QZ9918		80～400	（不锈钢闸板）
明杆平行式双闸板闸阀	Z44T—10	200	50～450	清水10公斤/厘米²以下蒸汽
明杆平行式双闸板闸阀	Z44W—10	200	50～450	稀碱液、制浆稀黑液
明杆楔式闸阀	Z41H—16Q	350	50～200	（1）10公斤/厘米²以上蒸汽
明杆楔式闸阀	Z41H—16C	400	250～400	（2）碱回收黑液、绿液、苛化液、白液、滤液、绿泥、白泥等 （3）制浆蒸煮液、烧碱液
明杆楔式闸阀	Z41H—25	400	65～250	锅炉给水、蒸锅给汽阀
暗杆楔式闸阀	Z45T—10	120	50～450	清　水
内螺纹暗杆楔式闸阀	Z15T—10		15～65	
三、旋塞				
内螺纹填料旋塞	X13W—10	100	15～50	铜塞子用于松香胶，填料
	X13T—10	200	15～50	铁塞子用于碱液、洗浆黑液
填料旋塞	X43W—10	100	25～150	松香胶、碱液、洗浆黑液
	X43T—10	200	25～150	
三通填料旋塞	X44W—6	100	25～100	铜塞子用于水、松香胶、填料 铁塞子用于碱液、洗浆黑液
四、球阀				
内螺纹球阀	Q11SA—16	200	15～50	蒸煮液计量槽出口，水、蒸汽
球　阀	Q41SA—16	200	20～100	蒸煮液计量槽出口，水、蒸汽
不锈钢球阀	Q41F—16(25)P	≤150	25～200	无机酸、碱溶液、纸浆
不锈钢球阀	Q41F—16(25)R	≤150	25～200	无机酸，有机酸、稀碱液、纸浆
铸铁球阀	Q41F—16(25)C	≤150	25～200	蒸汽、水、油
铸铁球阀	Q41F—16Z	≤150	25～200	蒸汽，水，油

续表

名　　称	型　号	介质温度（℃）	公称直径（毫米）	代号	使用介质
五、止回阀					
旋启式止回阀	H44X—10	60	50～600		水平和垂直黑液、碱液、水管
升降式止回阀	H41T—16	200	20～200		水平蒸球进汽、水管
内螺纹升降式止回阀	H11T—16		15～65		水平热水、蒸汽管
六、弹簧微启式安全阀	A47H—16C	350	50，80，100	Aa	汽　管
	A47H—25	350	50，80，100	Ab	汽　管
	A47H—40	350	50，80	Ac	汽　管
七、活塞式减压阀	Y43H—10	200	45，50	Ya	汽　管
	Y43H—16Q	300	20—200	Yb	汽　管
	Y43H—25	450	25～200	Yc	汽　管
	Y43H—40	450	50	Yd	
八、疏水器					
热动力式(A型)	S19H—10	200	15～25	Sa	
热动力式(A型)	S19H—16	200	15～50	Sb	
钟形浮子式	S16H—16		15～40	Sc	
钟形浮子式	S45H—16		50～80	Sd	
倒吊桶式	711C		15	Se	
	712C		20	Sf	
	713C		25	Sg	
	714C		32.40	Sh	
九、注水器	Zh24W2—7	2～7公斤/厘米^2	15～50	Si	供地坑排水、锅炉进水、自流井水箱直接供水

注：1. 所有球阀之密封面都是氟塑料故使用温度均低于150℃。

2. 不锈钢球阀如用于蒸煮系统作喷放阀、循环阀等温度大于150℃处时，密封面必须改为铸铁或合金铸铁。

3. P表示阀体材质为1G18NiTi

R表示阀体材质为1G18Ni12MoTi

C表示阀体材质为2G25

Z表示阀体材质为普通灰铸铁。

表8-4-36　　管内各介质常用流速范围

(GZS113—75)

工作介质	管道种类及条件	流速(米/秒)	管　材
过热蒸汽	Dg>200	40～60	钢
	Dg=200～100	30～50	钢
	Dg<100	20～40	钢
饱和蒸汽	Dg>200	30～40	钢
	Dg=200～100	20～35	钢
	Dg<10	15～30	钢
二次蒸汽	利用时	15～30	钢
	不利用时	60	钢
废　汽	利用时	40	钢
	不利用时	60	钢
乏　汽	排汽管，从受压容器排出	80	钢
	从无压容器排出	15～10	钢
压缩气体	真　空	5～10	钢
	P<1(绝压)		
氨	干燥气体	10～25	钢
	潮湿气体	10～25	铅
	液　体	1.5	钢
水及粘度相似的液体	P=1～3公斤/厘米²(表压)	0.5～2	钢
	P≤10公斤/厘米²(表压)	0.5～3	钢
	P≤80公斤/厘米²(表压)	2～3	钢
	P≤200～300公斤/厘米²(表压)	2.0～3.5	钢
	往复泵吸入管	0.5～1.5	钢
	排出管	1～2	钢
	离心泵吸入管		
	常温	1.5～2	钢
	70～110℃	0.5～1.5	钢
	离心泵排出管	1.5～3	钢
	高压离心泵排出管	3～3.5	钢
	齿轮泵吸入管	≤1	钢
	Dg≤100	2～4	钢

续表

工作介质	管道种类及条件	流速(米/秒)	管　材
水及粘度相似的液体	Dg = 125～300	4～6	钢
	Dg = 350～600	0～8	钢
	Dg = 700～1200	8～12	钢
	Dg＞1200	12～22	钢
	P≤3公斤/厘米²(表压)	8～12	钢
	P≤6公斤/厘米²(表压)	10～20	钢
	P≤10公斤/厘米²(表压)	10～15	钢
	P≤70公斤/厘米²(表压)	8～12	钢
	P≤150公斤/厘米²(表压)	0～10	钢
	P≤200～300公斤/厘米²(表压)	6～10	钢
氢氧化钠	浓度：0～30%	2	钢
	30～30%	1.5	钢
	50～73%	1.2	钢
油及粘度	油及相似液体	0.5～2	钢
	排出管	1～2	钢
	热网循环水、冷却水	0.5～1	钢
	压水回水	0.5～2	钢
	无压回水	0.5～1.2	钢
排出废水泥状混合物		0.4～0.8	钢
	浓度：15%	2.5～3	钢
	25%	0～4	钢
	65%	2.5～3	钢
海水微碱水		1.5～3.4	钢衬橡胶，混凝土涂面管钢管
		最小0.95	
		1.5～3.6	
		最小0.95	
屑，芒硝		15～30	钢
大的液体	粘度50厘泊 Dg25	0.5～0.9	钢
	Dg30	0.7～1.0	钢
	Dg100	1.0～1.6	钢
	粘度100厘泊 Dg25	0.3～0.6	钢
	Dg50	0.3～0.7	钢

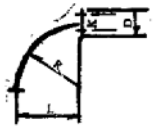
续表

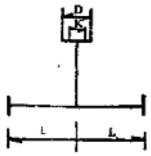
工作介质	管道种类及条件	流速(米/秒)	管　材
	Dg50	0.5～0.7	钢
	Dg100	0.7～1.0	钢
	Dg200	1.2～1.6	钢
	粘度1000厘泊Dg25	0.1～0.2	钢
	Dg50	0.16～0.25	钢
	Dg100	0.25～0.35	钢
	Dg200	0.35～0.55	钢
空气输送粉粒体			
微炭粉			
水　泥		20～40	钢
水力输送粉粒体：			
石　灰		3～3.5	钢
矿　石		3～4	钢
煤　气	管道长50～100米		
	P≤200毫米汞柱	0.75～3	钢
	P≤200毫米汞柱	8～12	钢
	P≤3000毫米汞柱	3～12	钢
天然气		30	钢
液　氨	P＝真空	0.05～0.3	钢
	P≤6公斤/厘米²(表压)	0.3～0.8	钢
	P≤20公斤/厘米²(表压)	0.8～1.5	钢
氨　气	P＝真空	15～25	钢
	P<3公斤/厘米²(绝压)	8～16	钢
	P<6公斤/厘米²(绝压)	10～20	钢
氧化铝砂		30～40	钢
谷类，锯		30～45	钢
	P<20公斤/厘米²(绝压)	3～8	钢
氰化氢	气　体	20	钢管衬橡胶
	液　体	1.5	橡　胶

续表

工作介质	管道种类及条件	流速(米/秒)	管　材
硫　酸	浓度：88～93%	1.2	铅
	93～100%	1.2	铸铁、钢(加强管)
盐　酸		1.5	橡　胶
氯化钠	带有固体	2～4.5	钢
	无固体	1.5	钢
气　体	鼓风机吸入管	10～15	钢
	排出管	15～20	钢
	压缩机吸入管	10～20	钢
	排出管		
	P<10公斤/厘米^2	8～10	钢
	P＝10～100公斤/厘米^2	10～20	钢
	P>100公斤/厘米^2	8～12	钢
	往复式真空泵吸入管	13～16	钢
	往复式真空泵排出管	25～30	钢
	油封式真空泵吸入管	10～13	钢

表8-4-37 常 用 管 件 尺 寸 表







名称		型号	尺寸/D_g	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
焊接管		冶标(YB)234—65 SYB10004—63	外径	21.25	26.15	33.5	42.25	48	60	75.5	88.5	114	140	165	219	273	325	377	426	478	529	630
无缝	外径	(YB)231—63 (YB)344—63		18	20	32	42	48	60	75	89	114	140	159								
钢管	厚度			1	1	2	2.5	2.5	3.5	3.5	3.5	4	4	5								
				1.5	1.5	2.5	3	3	3	3		4.5	4.5	5.5								
				2	2	3	3.5	3.5	3.5	3.5		5	5	6								
铸铁管	外径	冶标 95—61 冶标 4—61								91		117		160	217.6	268.8	323	371.6	422	474.4	525.8	628.6
15~20公斤/厘米²	厚度	石标1/2—53								8.5		9		9.5	8.8	9.4	12	10.8	13.5	12.2	12.9	14.8
法兰	6公斤/厘米²	(JB) 76—59	D	80	90	100	120	130	140	160	185	205	235	260	315	370	455	455	535	590	640	
			K	55	65	75	90	100	110	130	150	171	200	225	280	335	395	395	445	495	550	600
法兰	10公斤/厘米²	(JB) 76—59	D	95	105	115	135	145	160	180	195	215	245	280	335	390	440	500	565	615	676	
			K	65	75	85	100	110	125	145	160	180	210	240	295	350	400	450	515	565	630	
铸铁直流弯头		QTZ 1—21	L								150	200	225	250	300	300	300	350	400			
焊接弯头		QTZ 1—28	L						125		150	200	225	250	300	300	300	350	400			
铸铁弯头		QTZ 1—19	R						95		120	160	185	210	260	260	260	300	350			
焊接(铸铁)三通		QTZ 1—$\frac{25}{20}$	L						125		150	200	225	250	300	300	300	350	400			
铸铁堵设管		QTZ 1—31	L						320		320	350	350	350	350	350	350	400	400			
内螺纹填料旋塞		X13W—10	L	80	90	110	130	150	170													
填料旋塞		X43W—10	L			110	130	150	170	220	250	300		400								
三通填料旋塞		X43W—10	L			145	170	180	200	230	250	300										
隔膜式衬胶阀		J47CI—6	L			160		200	230		310	350										
直流式衬胶阀		J49CI—9	L			160		200	230		310	350	400	450	600							
直流式衬铅阀		J45CQ—6	L			175		196	230	255	310	330										
内螺纹截止阀		J11$\frac{J}{T}$—10—1 J41$\frac{W}{T}$—16—1	L	90	100	120	140	170	200	260												
截止阀		J41J—10—1 J41$\frac{W}{T}$—16—1	L	130	150	160	180	200	230	290												
截止阀		J41$\frac{J}{W}$—16—1	L								310	350	400	400	600							
明杆楔式单板闸阀		Z41$\frac{W—16—I}{H—25}$	L						250	260	280	300	325	350	400	450	500					
明杆平行式双板闸阀		Z44$\frac{T}{W}$—10	L						180	195	210	230	255	280	330	450	500	560	600	690		
暗杆楔式闸阀		Z45$\frac{T}{W}$—10	L						180	195	210	230	255	280	330	450	420	450	480	610		
																	500	550	600	650		
旋启式止回阀		H44$\frac{X}{T}$—10 H—25	L						230	290	310	350	400	480	500	600	700	800	900	1000	1100	1300
升降式止回阀		H41$\frac{T—25}{W}$ H41$\frac{H}{T}$—16—1	L		160	160	180	200	230	290	310											
												350	400	480	600							
底阀		10公斤/厘米²	L								58	60	64	70	70	80	90	94	105			
管道预留孔直径			D	150	150	150	200	200	200	200	250	250	300	300	350	410	460	520	590	640	700	800

第九章　纸浆的漂白

第一节　概　　述

用各种制浆方法生产的纸浆，大多带有一定的颜色，不符合制造白纸的要求，也不能用来生产溶解浆。因此，多数纸浆都需要漂白。

漂白的目的是除去纸浆中的有色物质，或改变其化学组成使之脱色。漂白的另一目的就是进一步去除木素或其他不纯物，以提高纸张白度的稳定性，并满足高纯度精制浆的要求。

漂白剂分氧化性漂白剂和还原性漂白剂两种。

氧化性漂白剂有：次氯酸盐、过氧化物、二氧化氯、氯、臭氧、氧等。

还原性漂白剂有：硼氢化钠、二氧化硫、亚硫酸钠、亚硫酸氢钠、连二亚硫酸盐等。

常用的漂白剂有氯、次氯酸盐、二氧化氯和过氧化物。氧碱漂白是70年代发展的新技术，具有污染少、废水可以顺利回用等优点。

最近发展的置换漂白，可在一个塔内完成多段漂，具有占地面积小、漂白时间短、污水排放量少等优点。

一些漂白方法的通用符号如下：

C　氯化

E　碱处理

H　次氯酸盐漂

D　二氧化氯漂

P　过氧化物漂

R　连二亚硫酸盐漂

O　氧碱漂

D/C　带有二氧化氯的氯化段

E/H　氧化碱处理段

第二节　常用的漂白剂

一、氯(Cl_2)

(一) 氯 的 性 质

1. 氯的物理性质

常温时为黄绿色气体，在15～20℃压缩到6～8大气压，或在大气压下冷却至－35～－40℃时可以液化。

比重(干燥气体)2.491(空气＝1)

比重(液态)　1.41(20℃，水＝1)

沸点　－34.05℃

临界密度　565克/升

临界压力　76.1大气压

临界温度　144℃

临界体积　0.001745升/克

干氯气比热　0.124卡/克

液氯比热　0.226卡/克

蒸发潜热　68.8卡/克

1容积液体成456.8容积气体(标准状况)

1公斤液体成0.312米^3气体(标准状况)

1米^3液氯重1469公斤

1米^3气体氯重3.22公斤(标准状况)

表9-2-1　　氯在水中的溶解度

温度(℃)	溶解于1升水中氯气量(升)	溶解于10^6公斤水的氯气量(公斤)
0	4.61	14600
10	3.09	9969
20	2.15	7291
30	1.77	5722

表9-2-2　　液氯的蒸汽压

温度(℃)	毫米汞柱	温度(℃)	大气压	温度(℃)	大气压
-88	37.5	-30	1.2	35	6.95
-85	45.0	-25	1.5	40	11.5
-80	62.5	-20	1.84	45	14.7
-75	88	-15	2.23	60	18.6
-70	118	-10	2.63	70	23
-65	159	-5	3.14	80	28.4
-60	210	0	3.66	90	34.5
-55	275	5	4.25	100	41.7
-50	350	10	4.95	110	50.8
-45	445	15	5.75	120	60.4
-40	560	20	6.62	130	71.6
-35	705	25	7.63	140	93.5
-33.6	760	30	8.75		

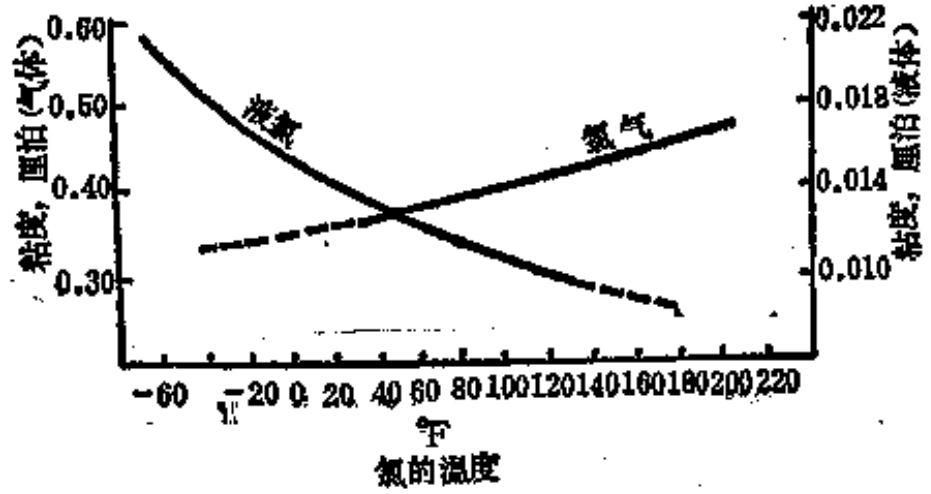


图9-2-1　氯的粘度

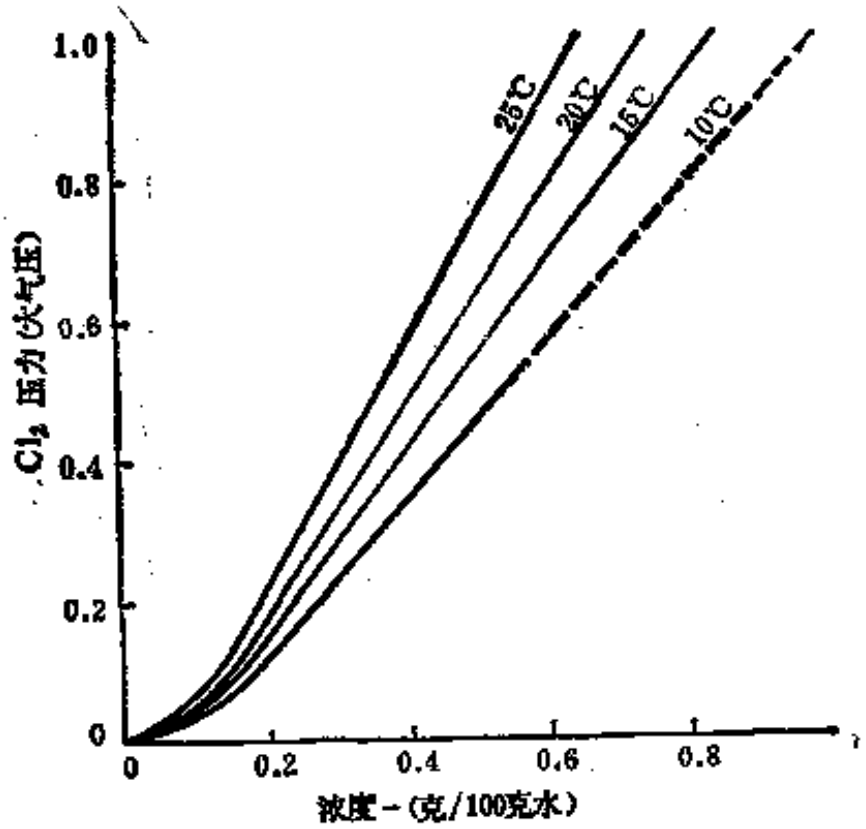


图9-2-2　不同温度和浓度下氯气的分压

2.氯的化学性质

氯的化学亲和力强，可以和大多数元素化合，也能和许多化合物反应。

（1）氯与铁的反应：含有水分的氯气腐蚀性强，遇铁反应如下：

$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

$$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3 + 3HCl$$

（2）氯与氨的反应：氯与氨作用生成氯化铵，有白烟，故常用氨水检验氯气的泄漏。

$$Cl_2 + H_2O = HClO + HCl$$

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

（二）氯对人体的毒害

氯对人体的毒害见表9-2-3、9-2-4和9-2-5。

表9-2-3　　氯对人体的毒害

毫克/升	毫升/米³	症　　状
2.5	900	立即死亡
0.1～0.5	35～50	1/2～1小时内死亡
0.04～0.06	14～21	1/2～1小时后有生命危险
0.01	3.5	可以忍耐1/2～1小时而无影响
0.001	0.35	长时间在其中停留能引起毒害
0.003～0.006	1～2	可忍耐6小时而无显著症状

表9-2-4　　在氯气环境内进行工作的情况

毫克/升	毫升/米³	可能进行工作情况
0.003～0.006	1～2	可以进行静止的工作
0.006～0.01	2～3	可以进行工作但停留困难
0.012	4	无法进行工作

表9-2-5　　氯对人体的作用

毫克/升	毫升/米³	程　　度
0.01	3.5	可以辨出臭味
0.04	14.0	刺激咽喉
0.08	28.0	引起咳嗽
0.003	1.0	在较长时间内能勉强忍受
0.0012	4.0	可以忍受1/2～1小时
0.12～0.18	40～60	在短时间内也较危险
2.8	1000	短时间内暴死

(三) 氯的使用

1. 液氯钢瓶的特征

液氯钢瓶的一端有两个出口，通气时应上下放置，上口用来排放氯气，下口放液氯。液氯瓶设有乌德金属(Wood's metal)安全装置，其熔点68℃，温度超过68℃时，乌德金属熔化，泄出氯气以防钢瓶爆炸。液氯钢瓶的规格见表9-2-6。

表9-2-6　　液氯钢瓶的规格

钢瓶规格	半吨液氯瓶		一吨液氯瓶	
装液氯量(公斤)	500	500	1000	1000
体　　积(升)	400	400	800	800
瓶自重(公斤)	415	482	730	957
内　　径(毫米)	700	700	822	900
长　　度(毫米)	1400	1340	2000	1595
圆筒部分壁厚(毫米)	8～10	12	10～12	12
装有气门的一端壁厚(毫米)	—	17	—	17
另一端壁厚(毫米)	—	15	—	15
最大工作压力(大气压)	30	30	30	30
充满系数(%)	80	80	80	80

2．液氯瓶在贮存、运输、使用中的安全要求

（1）液氯钢瓶仓库和液氯室应远离生产车间，室内温度不应超过35℃。

（2）严禁易燃物等危险品靠近，氢气不能进入液氯室。

（3）液氯瓶不得露天堆放。

（4）液氯瓶在装卸和运输中切忌撞击和摔落，液氯瓶最好套上胶皮箍。

（5）液氯瓶装有阀门的一端应有保护罩，以保证运输安全。

（6）液氯室应有排气装置，氯气比重大，排气风道应设在地下。

（7）使用液氯时必须将钢瓶固定，以免移动折断钢管。

（8）在通氯过程中要用蘸有氨水的棉纱检查接口处有无漏气。

（9）通氯时液氯瓶出口侧应向下倾斜。允许残留少量氯在瓶内送回供应部门处理。不得用加热办法加快氯的排出。

（10）通氯管道应有破坏真空装置，以防液体倒灌。

（11）事故多出在出口处，如发现接口管滑牙应及时更换，不可继续使用。

(12) 聚丙烯和某些仪表中用作稳定流体或压力传速介质的有机物，如硅酮油、酞酸二丁酯、烃油和甘油等，与氯气混合时往往有爆炸的危险，回此，使用氯气的系统不得用含有这些有机物的设备和仪器、仪表。

(13) 液氯瓶漏气时不得用水喷淋，因为氯气会水解成氢氯酸，腐蚀金属而加剧漏泄，回此应先将漏氯处堵上，减少泄漏量(1体积液氯相当于460体积的氯气)，再采取其它办法予以处理。

(14) 发生氯气中毒时，应立即将患者转移到空气新鲜处，进行人工呼吸，并请医生处理。患者神志不清时不得进食、饮水或服药。

(15) 人体接触氯气或液氯时，应立即脱去衣服和鞋袜，用大量清水冲洗，不得用化学药品中和，除非有医生指导，不得用药膏涂敷。

(16) 一旦发生事故，要开动排风机，戴好防毒面具，将冒氯处用木塞或破布、棉纱堵住，如还无法止住漏气，可将钢瓶推入碱液池内。

二、次氯酸盐

(一)次氯酸钙〔$Ca(OCl)_2$〕的制备

1、生成反应

将氯通入石灰乳液中生成次氯酸钙

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + 2H_2O$$

通氯终了，漂液中应有一定量的游离CaO，否则容易发生"过氯化"，使漂白液失效。"过氯化"的反应如下：

$$2HOCl = 2HCl + O_2\uparrow$$

$$HCl + HOCl = H_2O + Cl_2\uparrow$$

上述反应一经发生便会一直进行到底，回且反应很快。有异

常刺激味，伴随着漂液温度升高，有时漂液呈桃红色（微量锰存在时生成过锰酸）。

2. 氯与氧化钙用量的关系

氯与氧化钙用量的关系见表9-2-7。

表9-2-7　　氯与氧化钙、消石灰的配比

一公斤氯需消耗	理论消耗量（公斤）	实际消耗量（公斤）
石　灰（CaO）	0.79	0.87～0.91
消石灰$Ca(OH)_2$	1.04	1.15～1.2

碱过剩量不宜太大，否则漂液澄清慢，例如漂液中含碱量16克/升时需12小时澄清。而含碱量4.8克/升时只要3小时即可澄清。

3. 石灰乳的调配

（1）石灰的质量要求：石灰的质量要求见表9-2-8。

表9-2-8　制备石灰乳的生石灰和消石灰的质量要求

主要化学成份（%）	生　石　灰	消　石　灰
有效 CaO	＞93	＞72
SiO_2	＜2	＜1
MgO	＜1.5	＜1
CO_2	＜1.0	＜1
R_2O_3	＜0.3	＜0.2

（2）石灰的消化：块状石灰消化成符合要求的颗粒所需时间：

回转式消化器	20分钟
槽式消化器	2小时
消化温度	～80℃
通氯前温度降至	≤30℃

石灰乳液筛的目数　　100～150目/英寸

消化浓度　　100～150克/升

通氯前浓度　　25～45克/升

(3) 石灰乳液降温方法：将预先调好的石灰乳液放在贮存槽内自然冷却。贮槽要浅，表面积要大，置于室外。或将高温石灰乳液静置澄清，排出上面高温清液，加入清水(最好井水)，稍加搅拌，静置后再排出清液，一般两次即可。

4. 液氯的气化

液氯的气化见图9-2-3。

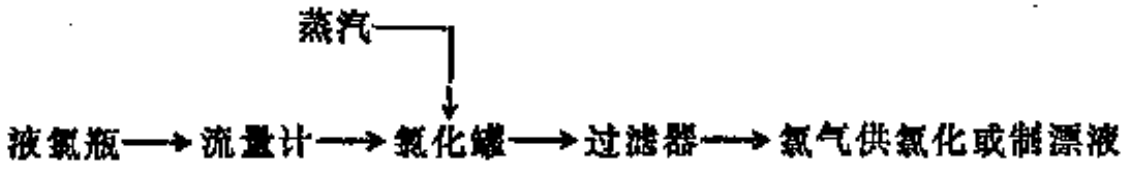


图9-2-3 液氯气化流程

液氯气化的工艺条件：

液氯气化温度　　≤50℃

通氯压力　　1～2公斤/厘米^2

5. 石灰乳液的氯化

(1) 直接法：石灰乳液直接法氯化的流程见图9-2-4，其吸收技术特征见表9-2-9。

表9-2-9　　石灰乳液直接法氯化吸收的技术特征

反应槽容积(升)	反应槽半径(米)	导入管内径(毫米)	氯气通入口直径(毫米)	氯气通入口(个)	氯气流量(公斤/分)
1000	0.30	20	3	20	0.25～0.8
2000	0.45	20	3	20	0.4～1.2
3000	0.55	20	4	25	0.7～2.0
4000	0.60	30	4～5	25	1.0～3.5
5000	0.70	30	4～6	30	1.3～5.0
10000	1.0	40	4～7	40	2.5～8.0

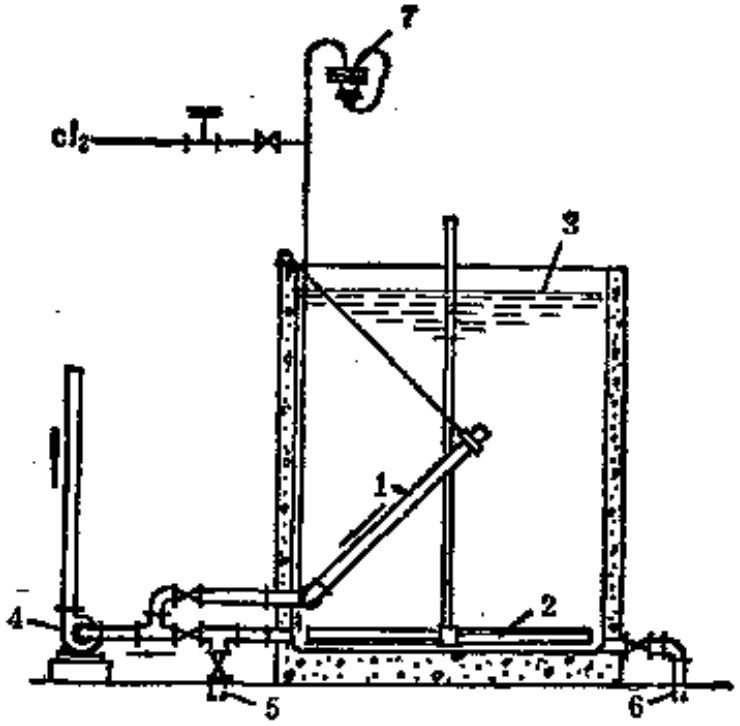


图9-2-4　石灰乳液的直接氯化

1—可调节的倾泻管　2—搅拌器　3—漂液　4—离心泵　5—通下水道　6—漂液

反应槽应有搅拌装置，转速15～18转/分，以石灰乳不沉淀为宜。

利用压缩空气搅拌也可得到满意的效果。

通氯管应插在石灰乳液面下，以不逸出氯气为原则。

① 漂液温度的控制：

A．石灰乳与氯气反应为放热反应，每消耗一克分子氯产生20.64千卡热量。

B．漂液温度高，次氯酸钙分解率大，见表9-2-10。

反应(1) $Ca(ClO)_2 = CaCl_2 + O_2\uparrow$

反应(2) $3Ca(ClO)_2 = Ca(ClO_3)_2 + 2CaCl_2$

由上表可知，反应温度超过50℃时，分解率增加很快。因此漂液温度不得超过50℃，最好控制在35℃。

漂液温度也影响澄清。

在冬季漂液温度不得低于10℃，否则生成八水合氯$Cl_2 \cdot 8$

H_2O。

②漂液浓度的控制：

随着漂液浓度的提高次氯酸钙分解率增加，见表9-2-11。

表9-2-10　　漂液温度对次氯酸钙分解的影响

温度(℃)	$Ca(OCl)_2$ 分解率(%)	氧化物生成率(以氯计%)	氯酸生成率(以氯计%)	$Ca(OCl)_2$ 分解结果	
				按(1)式(%)	按(2)式(%)
20	0.44	0.33	0.11	0.09	0.35
40	0.63	0.42	0.21	0.00	0.63
50	0.93	0.66	0.27	0.12	0.81
60	1.66	1.18	0.48	0.23	1.43
70	3.59	2.58	1.01	0.56	3.03

表9-2-11　　漂液浓度对次氯酸钙分解率的影响

漂液浓度（克有效氯/升）	$Ca(OCl)_2$ 分解率(%)
14.6	0.44
29.4	1.35
45.3	1.94
60.6	2.21

漂液浓度应保持在30～45克有效氯/升之间。

③ 反应终点的控制

以酚酞检验呈粉红色并保持3秒钟为准。褪色时间长可继续通氯，时间短立即停止通氯，并用消石灰予以调节。

④ 漂液有效氯的测定：可由漂液的波美度求得，或用化学滴定方法测定。

漂液的浓度和比重的关系见图9-2-5。

(2) 循环法：氯从石灰乳液循环泵的吸入口通入，靠泵的搅拌和抽吸作用，使氯均匀吸收，见图9-2-6，其技术特征见表

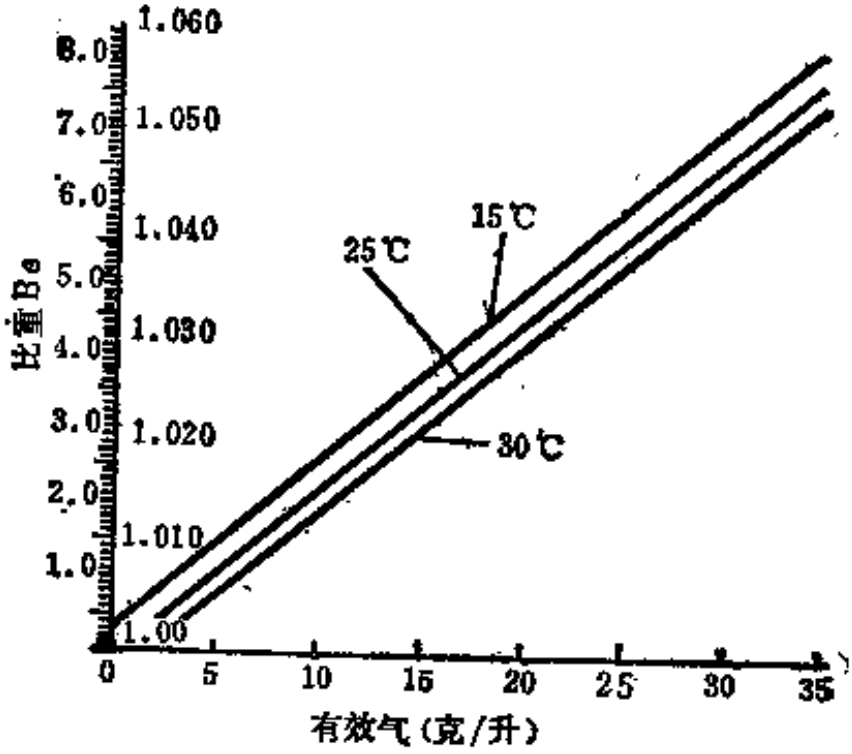


图9-2-5　漂液浓度、波美度和比重的关系

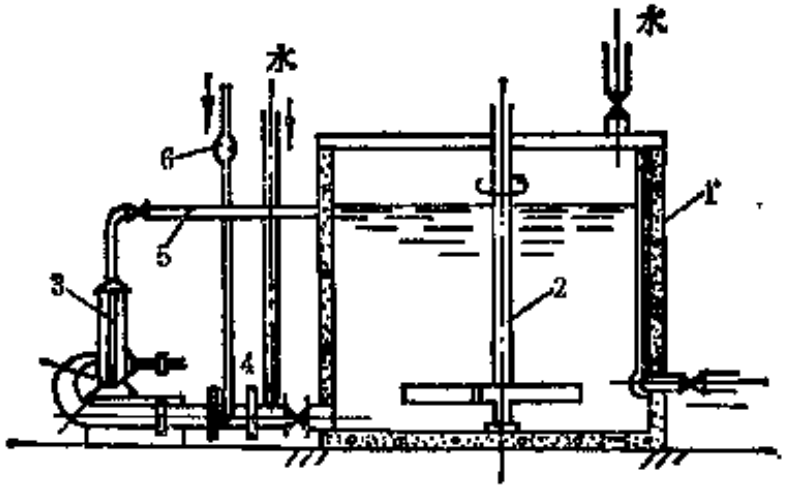


图9-2-6　石灰乳液的循环法氯化

1—反应槽　2—搅拌器　3—循环泵　4—氯入口　5—回流管
6—防止逆流器

9-3-12。

将氯通到喷射器内，然后用泵循环也可取得良好的效果，见图9-2-7。

表9-3-12　　石灰乳液循环法氯化的技术特征

容量（升）	循环管直径（毫米）	混合管口径（毫米）	氯气吹入口径（毫米）	泵扬量（升/秒）	泵转数（转/分）	氯气平均流量（公斤/分）	氯气最大流量（公斤/分）	马力
1000	60	40	8	10	1000	0.5	0.6	7
2000	80	55	10	15	1000	1.0	1.2	7.5
3000	100	65	12	20	1000	1.5	2.0	7.5
4000	110	75	15	25	1000	2.0	3.0	10
5000	125	85	15	30	1000	2.5	4.0	10
10000	180	120	20	50	1000	5.0	7.0	15

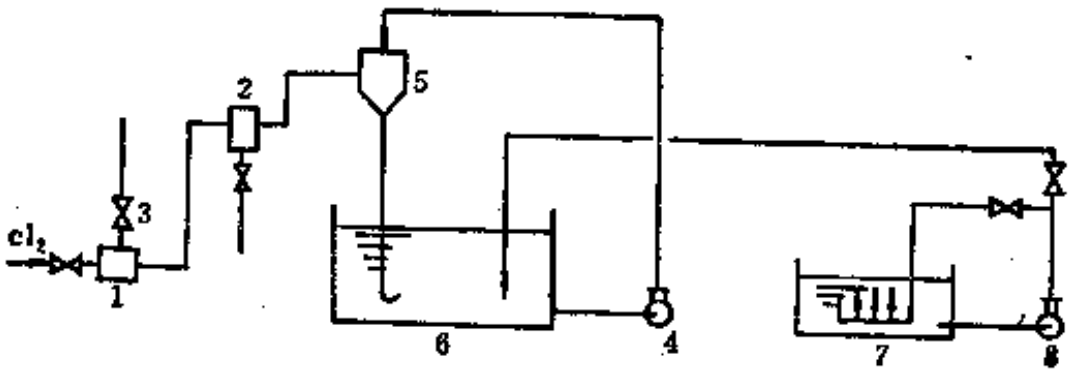


图9-2-7　石灰乳液用喷射器循环法氯化

1—铜三道　　2—气水分离器　　3—空气阀
4、8—循环泵　　5—喷射器　　6—反应槽
7—石灰乳槽

6．漂液的澄清

（1）浓漂液放液后漂渣需经2～3次洗涤。

（2）每次注水后搅拌10分钟。

（3）一个反应槽应配备2～3个澄清槽。

（4）漂液得率不应低于90%。

7．制漂实例

（1）氯与石灰比　　1:1

（2）通氯压力　　0.8～1.1公斤/厘米^2

（3）通氯时间　　2小时

(4) 吸收前石灰乳温度	≤32℃
(5) 吸收后漂液温度	≤45℃
(6) 终点浓度	45克有效氯/升
(7) 酚酞检验	2～3秒褪色
(8) 浸渍次数	3次(最后一次作稀释用)
(9) 各次漂液浓度	第一次：45～50克有效氯/升
	第二次：5～10克有效氯/升
	第三次：0.1 克有效氯/升
(10) 送漂液浓度	17～19克有效氯/升
(11) 漂液pH值	>10
(12) 漂液中含过量氧化钙	0.1克/升
(13) 澄清时间	第一次液≥3小时
	第二次≥2.5小时
	第三次液≥1小时
(14) 放液时间	1小时10分
(15) 总时间	～12小时
(16) 得率	>90%

8．制漂流程

制漂流程见图9-2-8。

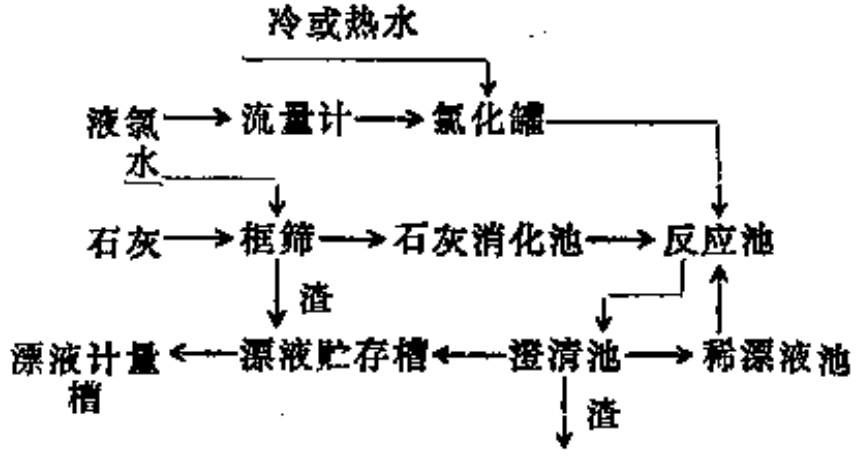


图9-2-8 制漂液流程

（二）次氯酸钠漂液的制备

次氯酸钠漂液制备容易，无残查，用以漂白纸浆质量好，灰分低，特别适合作溶解浆的漂白剂，但成本高。

1．化学反应

$$2NaOH + Cl_2 = NaOCl + NaCl + H_2O$$

氯与碱反应时放热，吸收槽应有冷却装置，将温度控制在55℃以下。

为了防止次氯酸钠分解，反应终了应有一定的游离NaOH，一般为0.5～1.5%，pH8～9。

2．氯与氢氧化钠用量的关系

氯与氢氧化钠用量见表9-2-13。

表9-2-13　　氯与碱的比例

一公斤氯需消耗	理论消耗量(公斤)	实际消耗量(公斤)
NaOH	1.13	1.3
Na_2CO_3	3.00	3.5

（三）连续法制备次氯酸盐

利用漂液成分不同，氧化还原电势也不相同的原理，控制氧化还原电势而达到连续制漂的目的。其流程如图9-2-9。

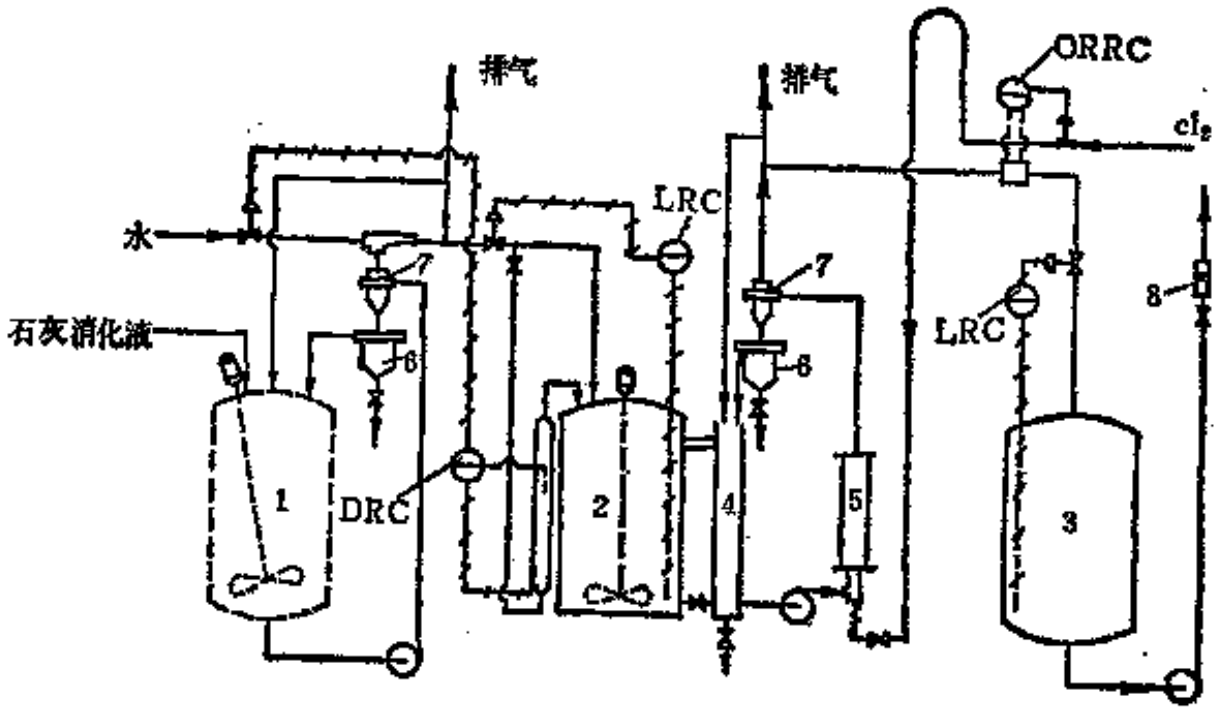
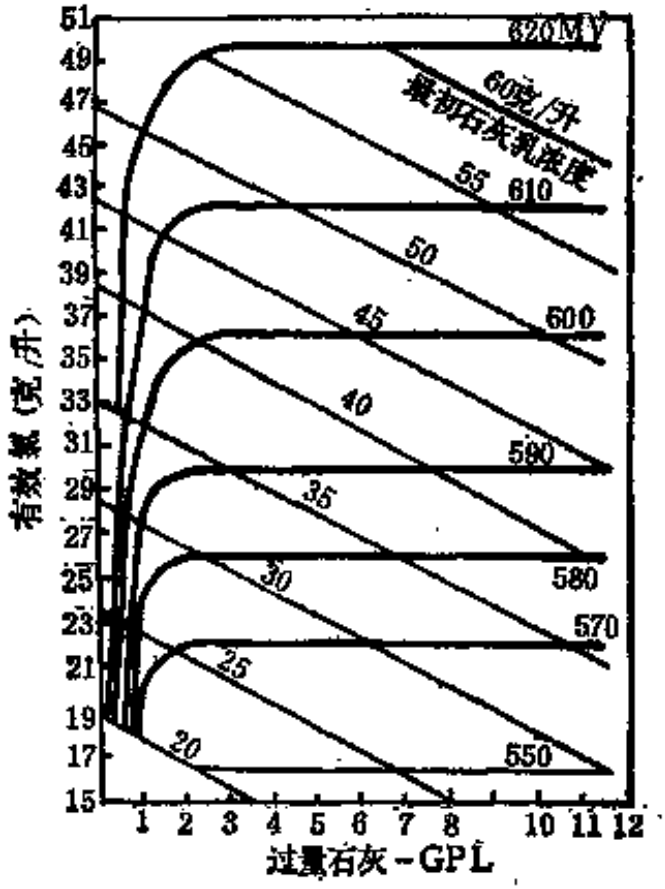


图9-2-9　连续法制备次氯酸钙流程

1—石灰消化液冷却和贮存　2—稀石灰乳液贮存　3—次氯酸盐漂液贮存
4—循环室　5—反应室　6—砂粒罐　7—道尔分离器　8—流量计
ORRC—氧化还原电位记录控制仪　DRC—浓度记录控制器　LRC—液面记录控制器



次氯酸钙的氧化电势如图9-2-10所示。

图9-2-10　次氯酸钙的氧化电势

自动化生产次氯酸钠流程见图9-2-11。

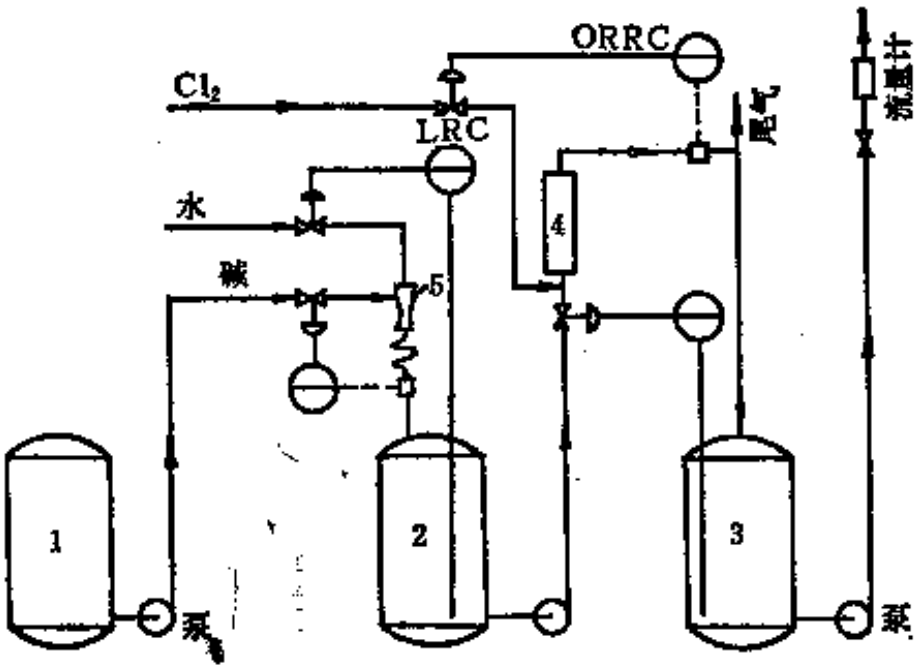


图9-2-11 自动化生产次氯酸钠流程

1—碱液贮槽
2—稀碱液贮槽
3—漂液贮槽
4—反应器
5—混合器

次氯酸钠的性质与氧化还原电势的关系见图9-2-12。

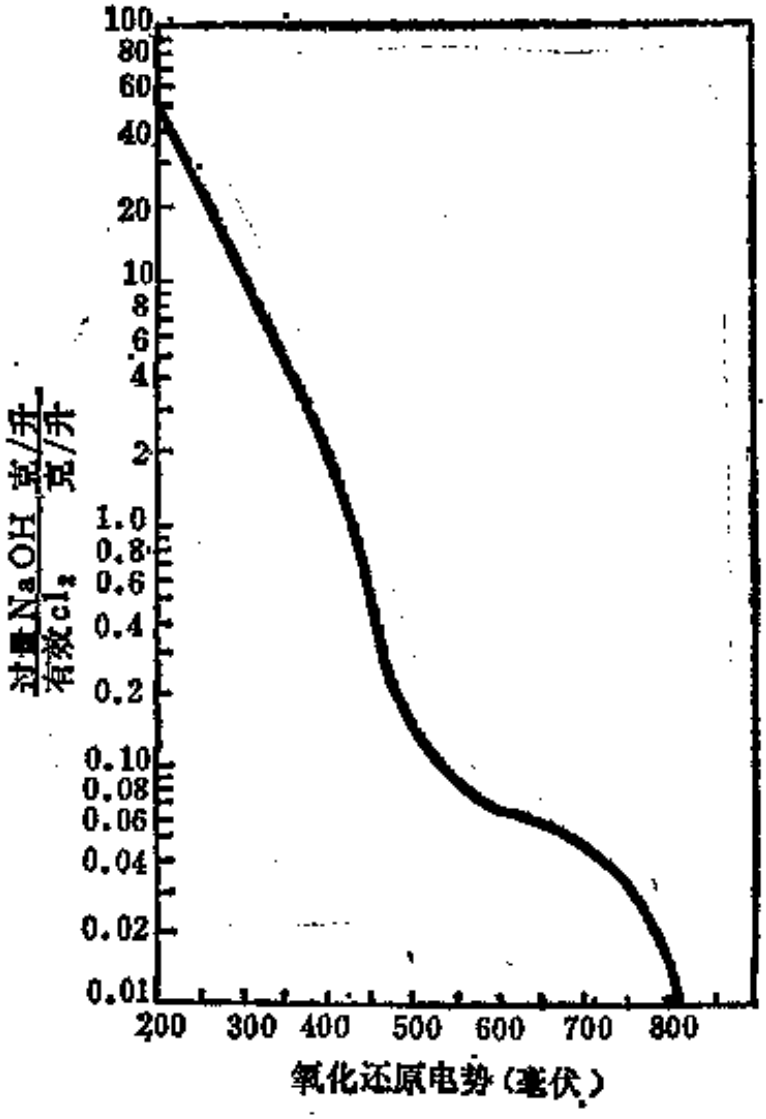


图9-2-12 次氯酸钠的性质与氧化电势的关系

（四）由漂白粉制漂液

漂白粉是最早用来漂白纸浆的漂白剂，系将氯通入潮湿的消石灰而得。

1．漂白粉的性质

有刺激性臭味，易分解而损失有效氯，故不易久存。应放在干燥、阴凉处。

漂白粉是$Ca(OCl)_2$及$CaCl_2$的复合体，其分子式尚无定论，公认为$CaO \cdot 3Ca\begin{matrix}Cl\\OCl\end{matrix} \cdot 4H_2O$。

按这一分子式理论上含有效氯41.8%，游离CaO11%，但实际产品中有效氯则低得多，漂白粉的质量要求见表9-2-14。

表9-2-14　　国产漂白粉规格

指标名称	指标		
	一级品	二级品	三级品
有效氯含量(%)	≥32	≥30	≥28
有效氯与总氯量之差	≤3	≤4	≤5
游离水含量	≤5	≤6	≤7

2．漂白粉的溶解

（1）溶解漂白粉时有强烈的刺激性味道和粉尘，操作人员应戴防毒面具，厂房和溶解设备都应有排风装置。

（2）1份漂白粉大约用15～20份水溶解。

（3）溶解时间40～60分钟。

（4）漂液的澄清与自制漂液同，但漂粉的不溶性残渣较多，可达20%。

（5）用漂白粉制漂液的缺点：

① 漂白粉在贮存中容易分解。

② 运输量大。

③ 操作条件差。

④ 残渣多，澄清、洗涤工作量大。

③ 漂液成本高。

三、二氧化氯(ClO_2)

（一）二氧化氯的性质

1、物理性质

气体ClO_2	赤黄色
液体ClO_2	赤褐色
气味	特殊刺激性臭味
气态比重	2.33(11℃，空气=1)

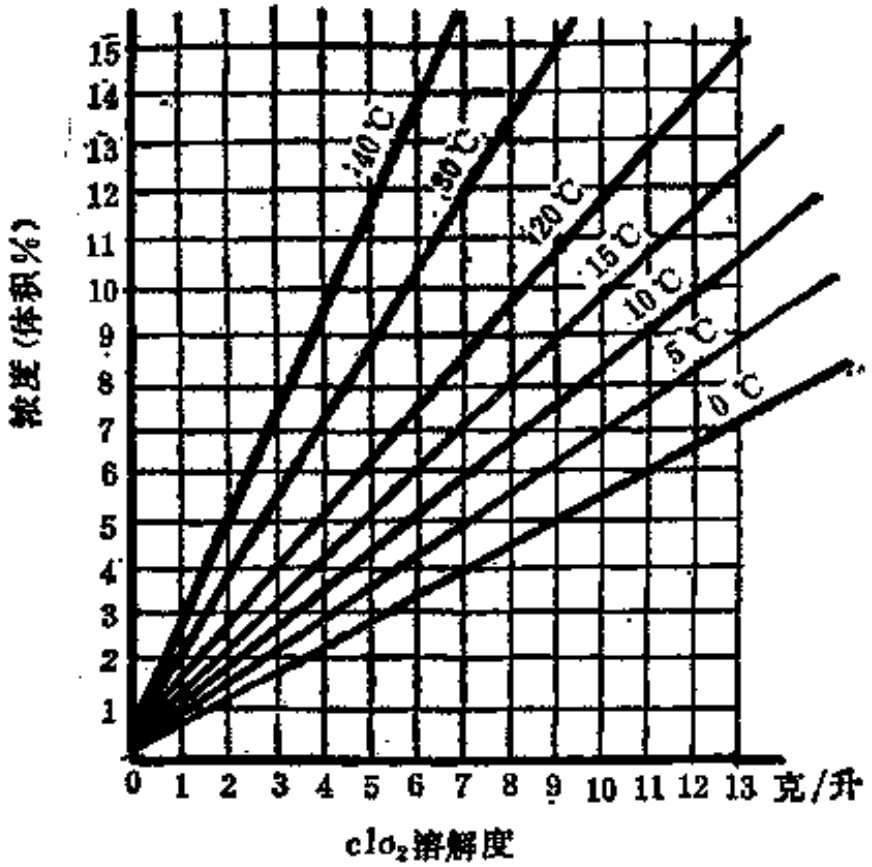


图9-2-13 二氧化氯在水中的溶解度

沸点	11℃
凝固点	－59℃
蒸发热	56千卡/克分子
发火点	130℃(在ClO_2分压为100～300毫米汞柱时)
二氧化氯在水中溶解热	6.6千卡/克分子

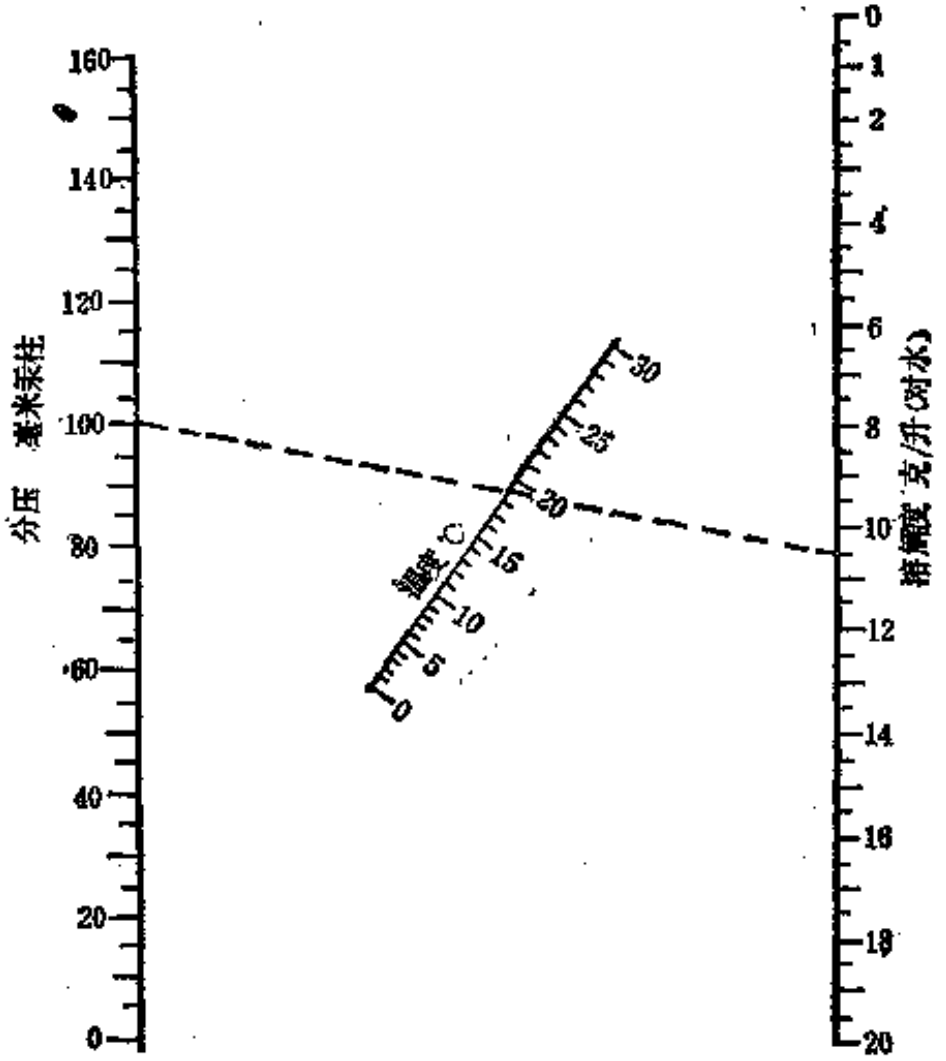


图9-2-14　不同温度下二氧化氯分压与溶解度的关系

2. 化学性质

(1) 分解反应

$$6ClO_2 + 3H_2O = 5HClO_3 + HCl(液相)$$

$$2ClO_2 = Cl_2 + 2O_2$$

（2）与碘化钾反应

在酸性介质中：$2ClO_2 + 10HI \rightarrow 2HCl + 4H_2O + 5I_2$

在中性介质中：$6ClO_2 + 10KI \rightarrow 4KIO_3 + 6KCl + 3I_2$

在碱性介质中：$2ClO_2 + 2KI \rightarrow 2KClO_2 + I_2$

3．二氧化氯的爆炸性

（1）二氧化氯爆炸时分解反应如下：

$$ClO_2 \longrightarrow \frac{1}{2}Cl_2 + O_2$$

反应后的克分子体积为反应前的1.5倍，反应器内的压力仅增加1.5倍，所以，二氧化氯的爆炸力不大。

表 9-2-15　　二氧化氯爆炸速度

ClO_2 （%）	O_2 （%）	速　度　（米/秒）
53.5	46.5	1.065
64.0	36	1.126

（2）液体二氧化氯极易爆炸。

（3）二氧化氯气体容易爆炸，即使经空气稀释的二氧化氯，遇光、电、火花、水银、木炭、硫、硫化物、磷、铁锈、油、橡胶，都会爆炸。

（4）二氧化氯分压高时容易爆炸：分压超过300毫米汞柱会爆炸，分压150毫米汞柱以下，即使爆炸也很轻微，分压低于30毫米汞柱不会爆炸。

（5）二氧化氯的安全操作要点：

①　气体浓度≤15%；分压≤100毫米汞柱。

②　稀释二氧化氯气体的鼓风机或压缩机必须有保险装置。因为突然停机时，尽管停止加料，像马西逊法在反应器内仍有二氧化氯继续生成，如空气中断，二氧化氯浓度增高就会引起爆炸。

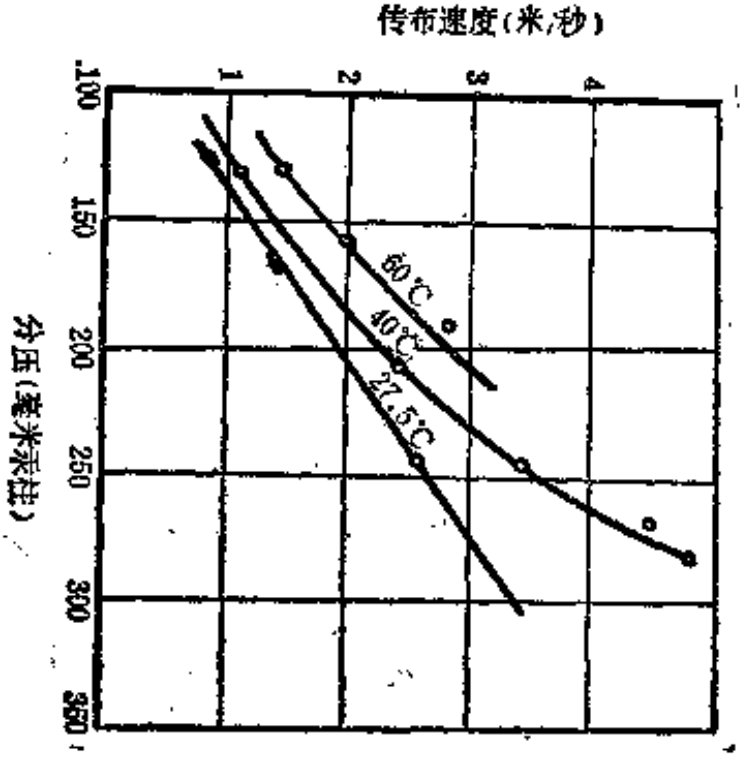


图9-2-15　二氧化氯分压与爆炸速度的关系

③　爆炸往往是由于管道中的铁锈碎片混入，选择管材时应注意。

④　压缩空气机的油雾随空气进入二氧化氯生产系统，这是发生爆炸的另一重要原因，因此空压机系统必须有除油装置，或采用无油空压机。

⑤　反应器应有泄爆孔，用二层塑料膜封住泄爆口即可。

⑥　有条件的地方可将二氧化氯制备部分置于室外。

4．二氧化氯的毒性

二氧化氯浓度　5～17ppm有刺激臭味；

45ppm对眼、鼻、喉有刺激，不能忍受；

150ppm家畜停留15分钟濒于死亡；

350ppm家畜很快死亡。

在八小时工作的环境中二氧化氯允许浓度为0.1ppm。

（二）二氧化氯的制备

由于资源不同，已发展成具有一定生产规模的ClO_2制备方

法，不下十余种。但不论那一种方法，其基本反应都是相似的，即在强酸溶液中，用还原剂还原$NaClO_3$而得ClO_2。主要的有以下几种：

以SO_2为还原剂的马西逊(Mathieson)法；

以NaCl为还原剂的R—2～R—7(Rapson)法；

以HCl为还原剂的凯斯汀(Day-Kesting)法；

以CH_3OH为还原剂的索尔威(Solvay)法；

以SO_2为还原剂的间歇法——霍尔斯特(Holst)法；

以$Ca(ClO_3)_2$代替$NaClO_3$，以HCl代替NaCl的日曹法；

在 R—2 法的基础上无废液外排的 S、V、P法(Single Vessel Process)。

以下着重介绍SO_2还原法、R_2法、SVP法及HCl还原法四种ClO_2制备方法：

1. 二氧化硫还原法(马西逊法)

(1) 化学反应

$$2NaClO_3 + SO_2 \xrightarrow{H_2SO_4} 2ClO_2 + Na_2SO_4 \text{(主反应)}$$

$$2NaClO_3 + 5SO_2 + 4H_2O = Cl_2 + Na_2SO_4 + 4H_2SO_4 \text{(副反应)}$$

$$NaClO_3 + 3SO_2 + 3H_2O = NaCl + 3H_2SO_4 \text{(副反应)}$$

(2) 生产流程：SO_2还原法制备ClO_2流程见图9-2-16。

① 气体洗涤塔的作用：从反应器生成的ClO_2气体中夹杂着尚未反应的SO_2和HCl，这部分气体在洗涤塔内与$NaClO_3$液体逆流接触，重新返回反应器。

采用洗涤塔可提高$NaClO_3$的反应效率1～2%。

② 第二反应器的作用：在第一反应器内，$NaClO_3$浓度为10～20克/升，如将这部分液体排掉，要损失2.5～5%的$NaClO_3$。采用第二反应器后，一般$NaClO_3$浓度为2克/升，排掉这部分废液，仅损失0.5%的$NaClO_3$。

③ 在第一反应器内加5～10%的NaCl可提高反应效率。

④ 气提塔的作用：将溶于废液中的ClO_2，用空气气提出来，送入ClO_2吸收塔。

(3) 工艺条件

① 进反应器的SO_2温度　～30℃

② 进反应器的SO_2压力　0.4～0.7公斤/厘米²

③ SO_2的分配　*1反应器90%

*2反应器10%

④ 压缩空气的分配　硫磺炉90%

气提塔10%

⑤ 反应器温度　*1 32～38℃，*2 40～50℃

⑥ 反应器压力　～100毫米水柱真空度

⑦ ClO_2与SO_2气体浓度关系：理论上一克分子SO_2可生成2克分子ClO_2，但实际上仅70%左右起反应。

SO_2%(体积)	ClO_2%(体积)
7%	～10%
8%	～11.5%
9%	～13%
10%	～15%

⑧ClO_2吸收水的温度：　5～10℃

当水温 8 ℃时，ClO_2浓度可达5～6克/升。

⑨ClO_2气体吸收率　99.5%

⑩进*1反应器H_2SO_4浓度：9～10N(441～490克/升)，浓度高对反应有利。但过高易产生$NaHSO_4$结晶。冬天稍低些。如冬季为10.1～10.2N；夏季为10.2～10.5N。

⑪ 进*1反应器 $NaClO_3$　420～450克/升

⑫ 进*1反应器 NaCl　30克/升

⑬ *1反应器中H_2SO_4　9～10N

⑭ *1反应器中$NaClO_3$　10～20克/升

⑮ *1反应器中NaCl　15～17克/升

⑯ *2反应器中H_2SO_4 9～10N

⑰ *2反应器中$NaClO_3$ 2～3克/升

⑱ *2反应器中NaCl 15～17克/升

⑲ 废液中H_2SO_4 9～10N

⑳ 废液中$NaClO_3$ 1～1.5克/升

㉑ 废液中NaCl 15～17克/升

㉒ 废液中Na_2SO_4 320～340克/升

㉓ *1 反应器SO_2反应率 90～95%

㉔ 出气体洗涤塔SO_2吸收率 ～99%

㉕ 出吸收塔废气含ClO_2 ～0.05%

㉖ $NaClO_3$转换率(ClO_2) 90%

(4) 成品ClO_2溶液成分：

ClO_2 6～8克/升

Cl_2 0.25～0.3克/升

HCl 0.08克/升

(5) 单位消耗(以每公斤ClO_2计)

$NaClO_3$ 1.65公斤

H_2SO_4 1.38公斤

SO_2 0.65公斤

NaCl 0.085公斤

2. 食盐还原法(R—2法)

(1) 化学反应

$$NaClO_3 + NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow ClO_2 + \frac{1}{2}Cl_2 + Na_2SO_4 + H_2O$$

主反应

$$NaClO_3 + 5NaCl + 3H_2SO_4 \longrightarrow 3Cl_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

副反应

(2) 生产流程：见图9-2-17。

① 生成的ClO_2中夹带有相当数量的Cl_2。ClO_2与Cl_2生成比

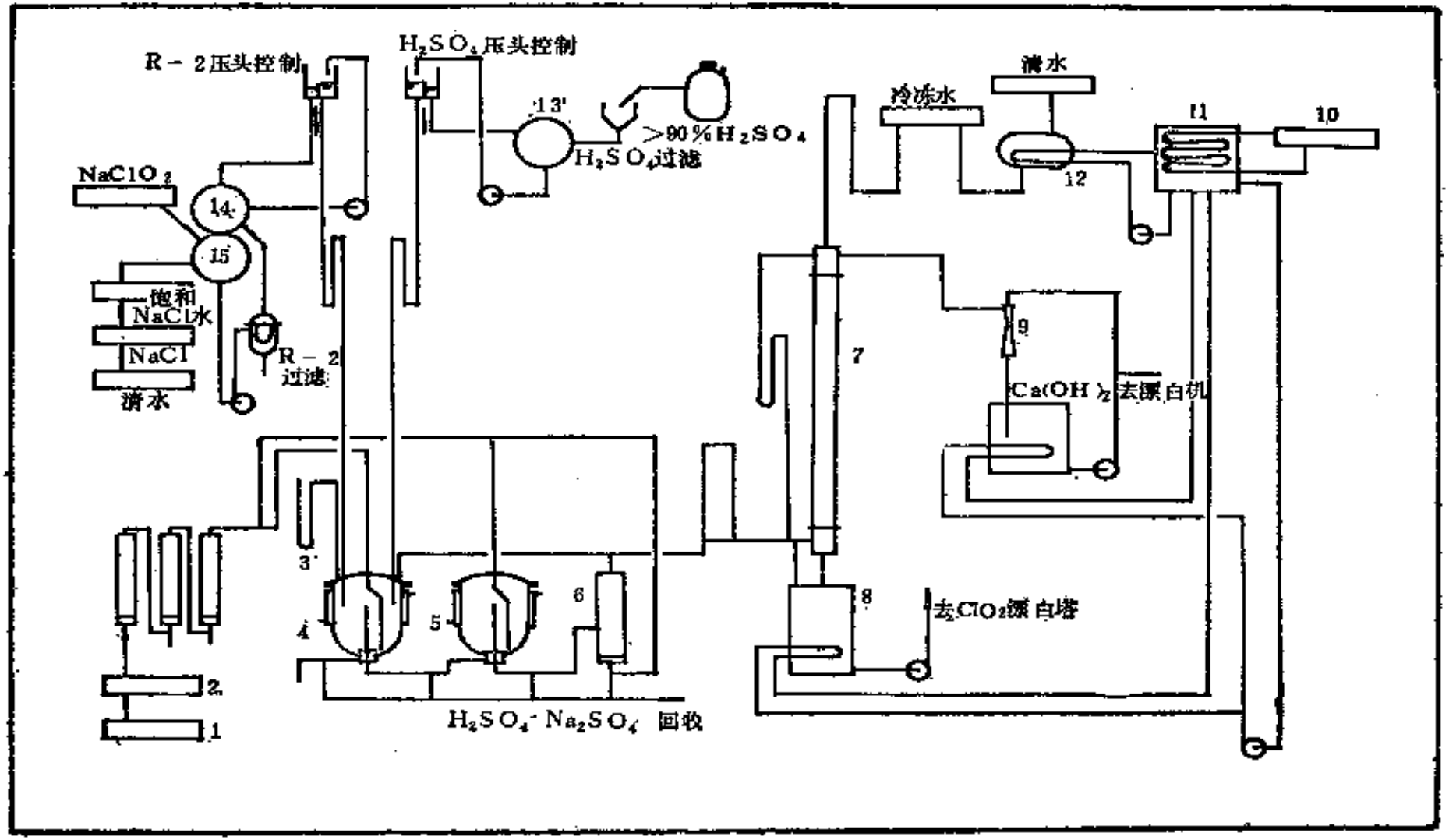


图9-2-17　　R—2法生产流程

1—空气压缩机　2—贮气罐　3—空气洗涤器　4—#1反应锅　5—#2反应锅　6—气液分离器　7—ClO_2吸收塔　8—ClO_2贮池　9—文丘里尾气吸收　10—F_{12}冷冻机　11—盐水池　12—热交换器　13—H_2SO_4贮池　14-R—2贮池　15—R—2配制池

表9-2-16　　与R-2法和HCl法对比

制　法	投资费	成　本	方　法	污　染	适应范围
R-2法	省	高(不回收时)	回单	多(不回收时)	小型厂
凯斯汀法	高	低	复杂	无污染	大型厂
马回避法	适　中	适　中	居中	居　中	大、中、小均可

接近1:0.6。经ClO_2吸收塔后大约1/4的Cl_2随ClO_2被吸收。这并不影响ClO_2的漂白。其余3/4的Cl_2用NaOH喷淋吸收，制成漂液，用于次氯酸盐漂白段。

② NaCl 还原法与 SO_2 还原法所用设备及工艺流程基本相同。

(3) 工艺条件：

① 进入反应器的H_2SO_4　　10～10.5N

② 进入反应器的R—2液：

$NaClO_3$：NaCl(克分子比)1:1.05

NaCl用量应有一定比例，太少不利于$NaClO_3$的分解反应，太高则增加副反应，反而降低ClO_2的得率。

③ R—2液浓度　　$NaClO_3$　3.2克分子/升(390克/升)

NaCl　　3.35克分子/升(196克/升)

④ #1反应锅浓度　　$NaClO_3$　7.5克/升

NaCl　　2.5克/升

H_2SO_4　　500克/升

⑤ #2反应锅浓度　　$NaClO_3$　5.5克/升

NaCl　　1.2克/升

H_2SO_4　　500克/升

⑥ 废液(排入地沟成分)$NaClO_3$ 3.5克/升

H_2SO_4　460克/升

NaCl　　0.585克/升

⑦ 得率($NaClO_3$转换成ClO_2)　　95%

(4) 单位消耗(以每公斤ClO_2计)

$NaClO_3$　　1.66公斤

H_2SO_4　　4.8公斤

NaCl　　0.95公斤

(5) 成品二氧化氯成分：

ClO_2　　6～8克/升

Cl_2　　～1.6克/升

(6) 副产品量(以每公斤成品计)：

Na_2SO_4　　～2.26公斤

H_2SO_4　　～4.8公斤

Cl_2　　～0.57公斤

(7) 优缺点：

① ClO_2反应率高(95%)。

② 设备投资省。

③ 开停机操作方便、可靠。

④所需H_2SO_4量大。因此，废液应回收，否则成本高，污染严重。

3. S、V、P法(R—3法)

从R—2法废液中回收Na_2SO_4，必然把H_2SO_4也带入黑液中，使pH值下降，造成木素沉淀，否则需加碱中和。另一方面，随着ClO_2在漂白中用量增加，回收的Na_2SO_4超出通常碱回收系统的需用量，使蒸煮液的硫化度增大，也使硫损失增加，腐蚀严重。为了解决废液问题，近来发展了S.V.P法，已于一九六九年投产。

(1) 化学反应与R—2法同：

$$NaClO_3 + NaCl + H_2SO_4 = ClO_2 + \frac{1}{2}Cl_2 + Na_2SO_4 + H_2O$$

主反应

$$NaClO_3 + 5NaCl + 3H_2SO_4 = 3Cl_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$副反应

(2) 生产流程：见图9-2-18。

① 反应液泵入热交换器内，将多余的水分蒸发后再循环，Na_2SO_4在反应器内析出。

② 夹带着水蒸汽的ClO_2与Cl_2的混合气体，在接触冷却器内把水蒸汽冷凝下来，ClO_2与Cl_2再去吸收塔。

③ 用蒸汽泵维持反应器在负压下操作（绝对压力为200毫米汞柱）。

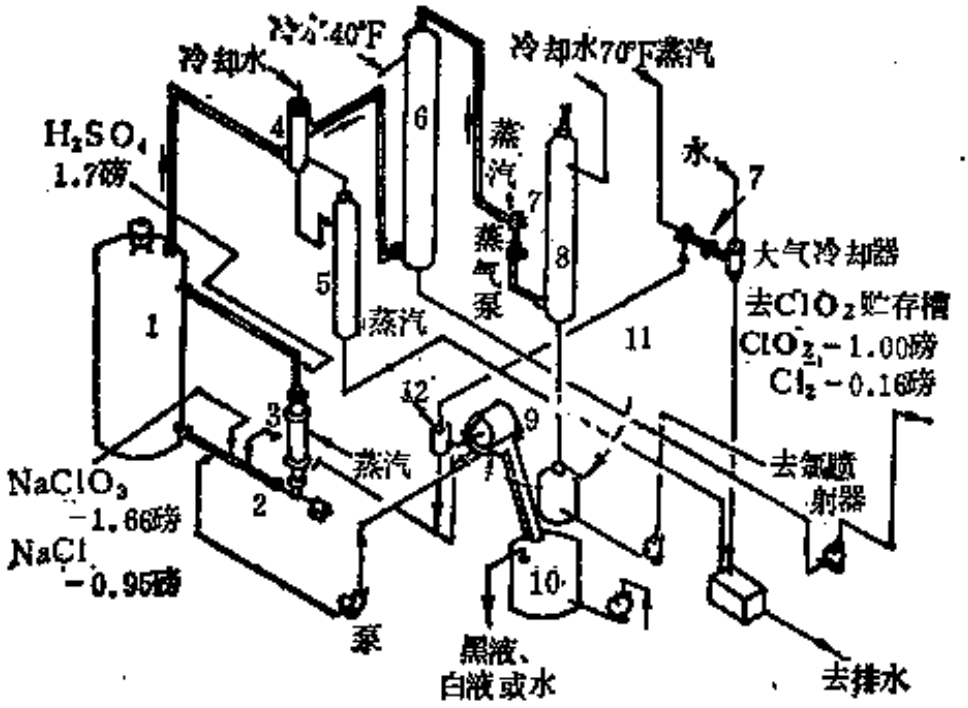


图9-2-18 S. V. P法生产流程

1—SVP反应器 2—轴流浆泵 3—热交换器 4—直接接触冷却器 5—脱析器 6—ClO_2吸收塔 7—蒸汽泵 8—ClO_2吸收塔 9—芒硝过滤器 10—芒硝溶解贮存槽 11—氯水桶 12—真空分离器

④ 废液在真空过滤机内把Na_2SO_4滤出，稍加洗涤送往碱回收，滤液仍回原系统。

(3)单位消耗(以1公斤ClO_2计)：

① $NaClO_3$ 1.63公斤

② NaCl 0.95公斤

③ H_2SO_4 1.6公斤

④ 蒸汽 15公斤

⑤ 冷却水　　100公斤

以上是ClO_2得率97%时的消耗指标。

(4)副产品：

Cl_2　　0.53公斤

$NaSO_4$　　2.23公斤

(5)优缺点：

① 无废液，对环境污染少。

② 生产成本低。

③ 副产品Na_2SO_4少。

④ 可单独使用S、V、P法，也可与原有的R—2法、SO_2法系统串联，以利用R—2或SO_2法系统的废液。

⑤ 设备多，投资大。

⑥ 操作较复杂。

废液中有Na_2SO_4结晶，输送这种液体应选择耐磨的材料，而且热交换器需定期清洗，大约每月一次。ClO_2漂白液贮存槽应能满足8小时生产用。

近来S、V、P法又将原有反应器和热交换器以及芒硝淘析器结合在一起，发展成S、V、PⅡ法，如图9-2-19所示。这样设备更加紧凑，而且由于没有外部管道和芒硝洗涤、分离设备，提高了效率，减少了维修量。

(6) S. V. P与R—2、SO_2法串联时的物料平衡

4. 盐酸还原法(凯斯汀法，Day—Kesting)

(1)化学反应

$NaCl + 3H_2O + (6法拉第电量) \xrightarrow{电解} NaClO_3 + 3H_2$　主反应

$NaClO_3 + 2HCl = ClO_2 + \frac{1}{2}Cl_2 + NaCl + H_2O$　　副反应

$\frac{1}{2}Cl_2 + \frac{1}{2}H_2 = HCl$

SVP"II 发生器蒸发器结晶器

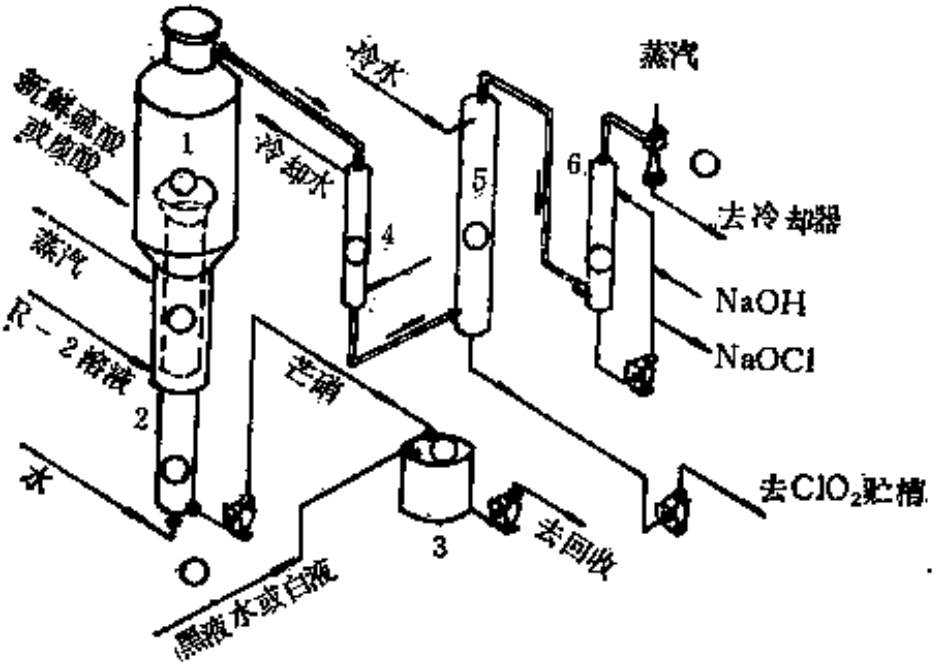


图9-2-19 S. V. PI法流程

1—S. V. PI发生器、蒸发器、结晶器　2—芒硝分离器　3—芒硝溶解槽　4—间接冷凝器　5—ClO_2吸收塔　6—次氯酸盐塔

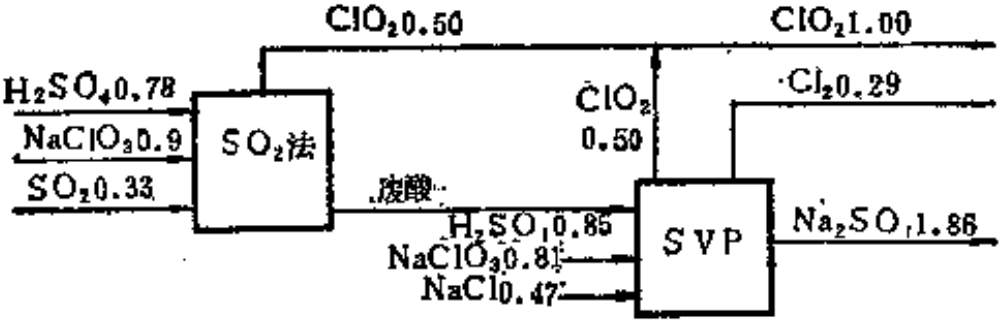


图9-2-20 S. V. P与SO_2法的串联

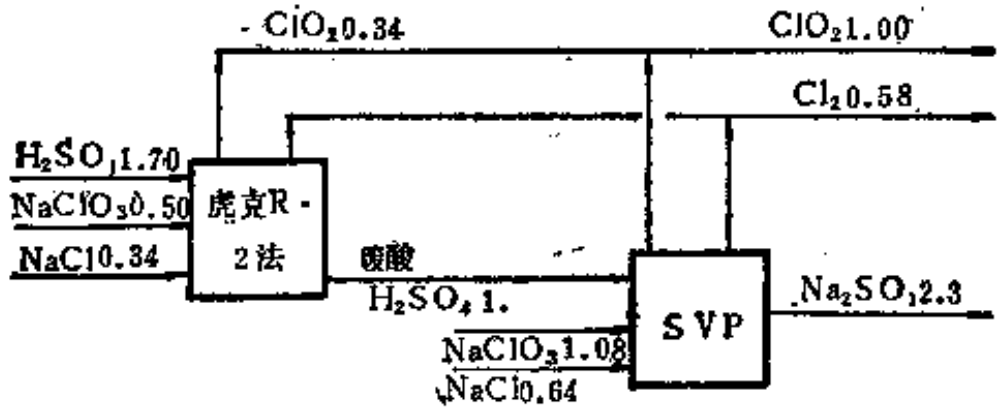


图9-2-21 S. V. P与R-2法的串联

表9-2-17 S. V. P、R-2法和SO_2法生产成本比较

	方法		
	S.V.P	R-2	SO_2
规模 (吨/日)	7.5	7.5	7.6
投资 (美元)	764,000	594,000	597,000
化学药品费用(美分/公斤)(美分/磅)	20 (9.2)	29 (13.03)	31 (13.85)
水、电、汽费用(美分/公斤)(美分/磅)	3 (1.35)	1.66(0.75)	1.66(0.75)
化学药品+水电汽总费用 (美分/公斤)(美分/磅)	23 (10.55)	30.66(13.78)	32.66(14.60)
其它费用(美分/公斤)(美分/磅)	5 (2.25)	4(1.8)	4(1.8)
ClO_2成本(美分/公斤)(美分/磅)	28 (12.8)	34.66(15.58)	36.66(16.40)

注：S. V. P法水、电、汽费用高系蒸发水分耗汽多造成的。

表9-2-18 S. V. P法与S. V. P-R-2法串联、S. V. P—SO_2法串联生产费用比较

方法	S. V. P	S. V. P与R-2法串联	S. V. P与SO_2法串联
工厂规模(吨/日)	10	10	10
投资(美元)	848,000	733,000	733,000
投资增加额(美元)	—	461,000*	460,000*
化学药品费用(美分/公斤)(美分/磅)	20(9.21)	20(9.21)	20.3(10.54)
水、电、汽费用(美分/公斤)(美分/磅)	3 (1.36)	2.95(1.33)	2.6 (1.18)
化学药品+水、电、汽费用 (美分/公斤)(美分/磅)	23 (10.56)	22.96(10.54)	22.9(11.72)
其他费用(美分/公斤)(美分/磅)	4 (1.84)	2.4(1.1)	2.4(1.1)
ClO_2成本(美分/公斤)(美分/磅)	27(12.4)	25.35(11.64)	25.3(12.82)

* 设原有的 ClO_2 制备系统的使用期限为15年，已经运转了5年，故该设备的固定资产净值定为272000美元。

从上述反应可以看出以HCl法生产ClO_2，只消耗NaCl和电力。

(2)生产流程：见图9-2-22。

①由5个或6个反应器按阶梯式配置。HCl从最高一个反应器靠重力依次流下，空气由最低一个反应器送入，最低两个反应

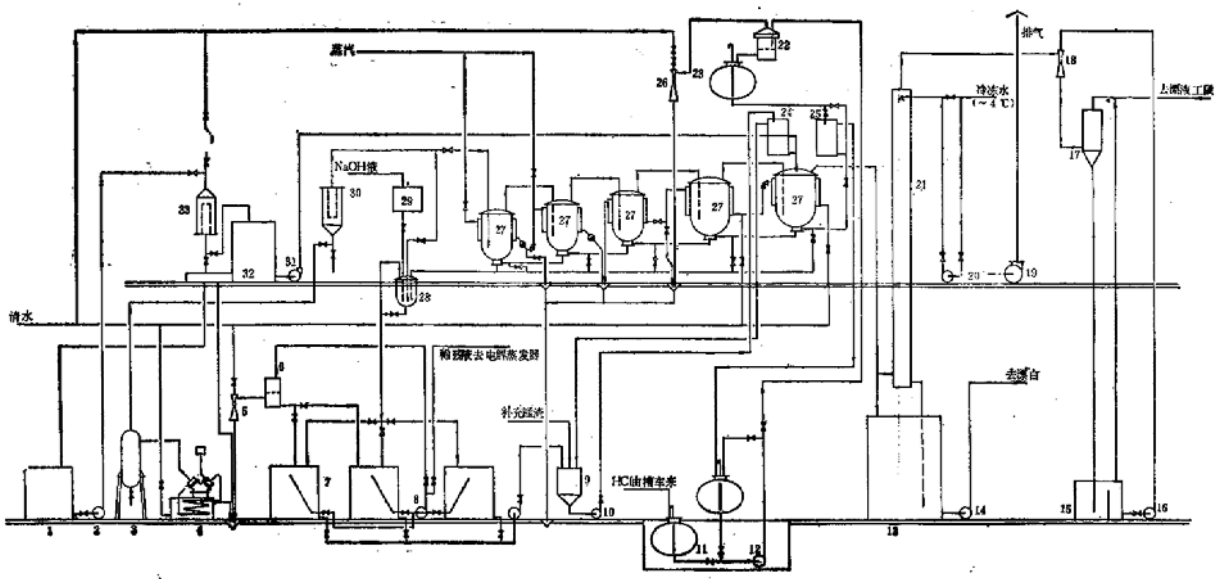


图 9-2-22　HCl还原法生产流程

1—$NaClO_3$贮槽　2—过滤泵　3—高压贮气罐　4—无润滑空压机　5、18、26—喷射泵　6—沉淀过滤器　7—反应残液稀清槽　8—稀清液泵　9—碳酸槽　10—输盐泵　11、23—HCl贮槽　12—HCl泵　13—ClO_2受槽　14—ClO_2输泵　15—液封罐　16—循环泵　17—真空受槽　19—排风机　20—冷冻水加压泵　21—ClO_2吸收塔　22—HCl过滤器　24—碳酸液高位计量槽　25—HCl高位计量槽　27—反应器　28—中和器　29—中和贮槽　30—空气过滤机　31—定量泵　32—废后$NaClO_3$贮槽　33—过滤器

器在沸腾温度下操作，空气起着抽提、稀释、搅拌ClO_2的作用。混合气体成气泡状，沿反应器向上入ClO_2吸收塔。

② 调节送入*4、*5反应器夹套的蒸汽量以控制反应温度。

③ ClO_2主要在最高一个反应器(*1)生成，加大*1反应器，可以减少反应器数量。

④ 从ClO_2吸收塔出来的尾气含有Cl_2，可用NaOH吸收制成NaOCl用于漂白，也可与电解生成的氢合成HCl，在系统内回用。

(3)工艺条件：

$NaClO_3$浓度	≥370克/升
HCl浓度	≥350克/升
*1反应器温度	40℃
*2反应器温度	40～50℃
*3反应器温度	50～70℃
*4反应器温度	70～90℃
*5反应器温度	90～105℃
ClO_2浓度	10%
Cl_2浓度	<9.3%
吸收水温	5～10℃
电解液pH值	6.4～6.8
电解液温度	40～45℃
电解电流密度	1000安/米^2
电解电流效率	80%
极间电压	3.3伏
得率($NaClO_3$转换为ClO_2)	87.5%

(4) 单位消耗(以每公斤ClO_2计)：

$NaClO_3$	1.8公斤
HCl(32%)	4.8公斤

(5) 成品ClO_2成分：

ClO_2浓度	6～8克/升

Cl_2浓度　　～3克/升

(6) 副产物(以每公斤ClO_2计)：

Cl_2　　0.96公斤

(7) 优缺点：

① $NaClO_3$由本厂电解制得，省去浓缩等工序，较外购的$NaClO_3$成本低50%，因而ClO_2生产费用低。

② $NaClO_3$为易燃危险品，本方法无运输、贮存问题。

③ 无废液排出，对环境污染少。

④ 操作麻烦。

⑤ 设备投资大，一般为SO_2法的五倍，适合于大型厂生产。

⑥ $NaClO_3$的反应效率低，一般为87%。适当降低*1反应器的HCl浓度和反应温度，或适当提高$NaClO_3$浓度可提高效率。加入少量$MnCl_2$有催化作用。

四、过氧化物

常见的过氧化物漂白剂有：过氧化氢(H_2O_2)、过氧化钠(Na_2O_2)两种。通常多用H_2O_2。

(一) 过氧化氢的性质

1. 物理性质

颜色　　无色

气味　　室温时有少许气味

密度　　1.45(无水，20℃)

沸点　　155℃

融点　　0.4℃

粘度　　0.013泊

2. 化学性质

(1) 纯H_2O_2比较稳定。

表9-2-19 不同温度时H_2O_2的分解率

温 度 (℃)	分 解 率 (%)
30	每年 1%
66	每周 1%
100	24小时 2%
140	随沸腾分解极快

(2) 遇重金属铜、铁、锰、紫外光、酶等，促使H_2O_2催化分解而失去漂白作用：

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + \frac{1}{2}O_2$$

表9-2-20 金属对H_2O_2分解的影响

加入量 (毫克/升)	100℃,24小时后有效氧损失(%)	加入量 (毫克/升)	100℃,24小时后有效氧损失(%)
空 白	2	铜(0.1)	85
铝 (10)	2	铁(1.0)	15
铬 (0.1)	96	锡(10)	2
镍(0.01)	24	锌(10)	10

(3) H_2O_2在碱性和中性溶液中极不稳定，应在酸性中贮存。H_2O_2在不同溶液中的分解率见表9-2-21。

表9-2-21 H_2O_2在不同溶液中的分解率

组 成	室温时的分解率(%)
6%H_2O_2于水中	每年～2
6%H_2O_2 + 20%NaOH	24小时79
6%H_2O_2 + 20%化学纯NaOH	24小时53
6%H_2O_2 + 20%NaOH(吸收法提纯)	24小时 5

（4）磷酸盐和硅酸钠对H_2O_2能起稳定作用。

（5）H_2O_2的质量标准：

表9-2-22　　H_2O_2质量标准

指标名称		37.5% H_2O_2		37% H_2O_2	
		一级	二级	一级	二级
H_2O_2含量(%)	≥	27.5	27.5	35	35
游离酸含量(H_2SO_4)(%)	≤	0.05	0.1	0.06	0.12
不挥发物含量(%)	≤	0.10	0.20	0.12	0.24
稳定度(%)	≥	95	90	95	90

（二）过氧化物漂液的制备

1. 间歇法

（1）流程：间歇法制备过氧化物漂液的流程见图9-2-23。

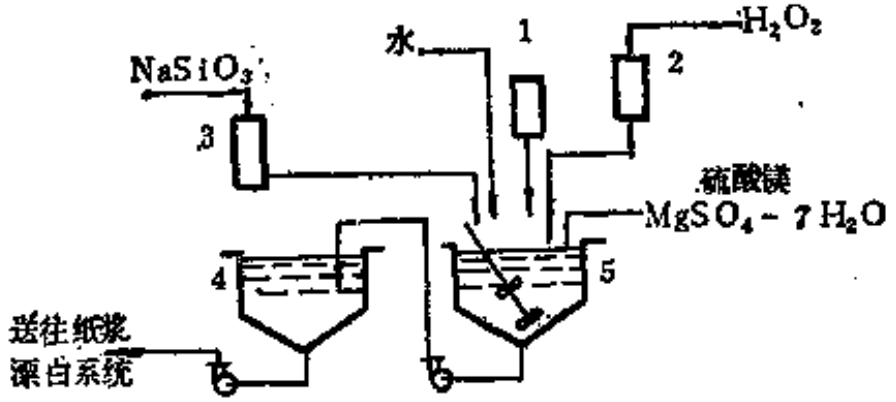


图9-2-23　间歇法制备过氧化物漂液流程

1—NaOH槽　2—H_2O_2计量槽　3—计量槽　4—H_2O_2贮槽　5—H_2O_2溶液混合槽

（2）间歇法加料例举：在容积～40米^3的反应器中加水32米^3，然后投入9公斤$MgSO_4$，搅拌溶解后，将1364公斤Na_2SiO_3、273公斤NaOH(100%)、136公斤H_2O_2(100%)一起加入，搅拌而成H_2O_2漂液。

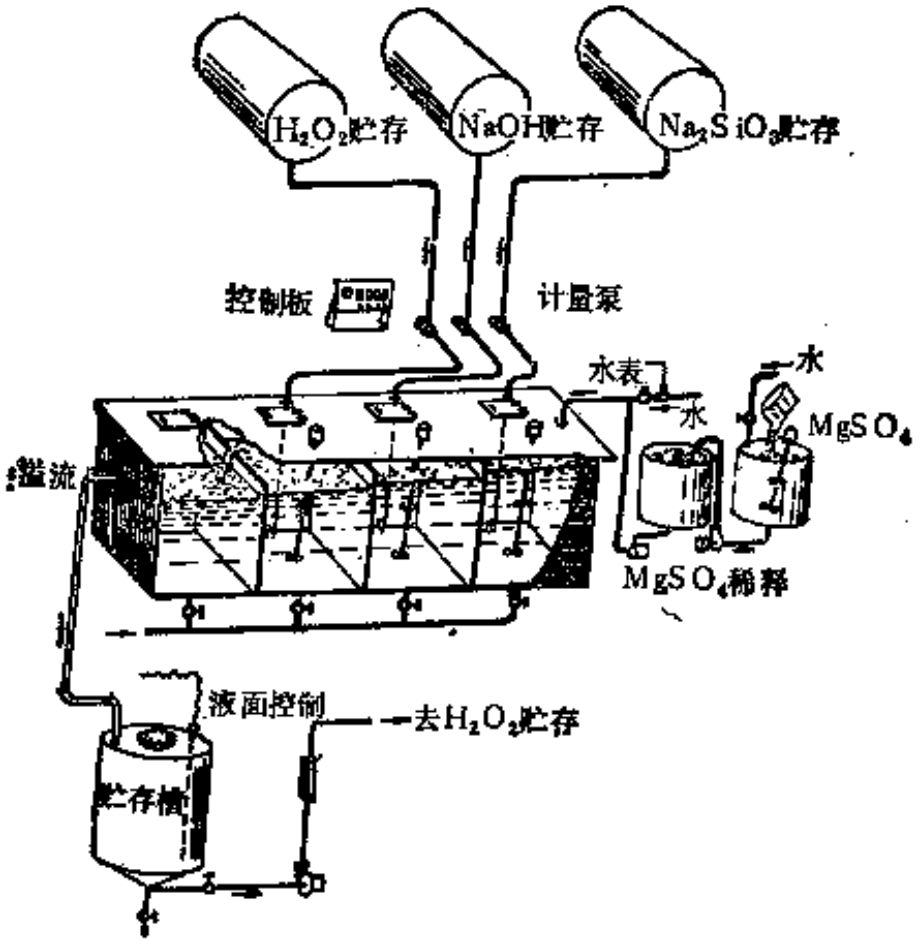


图9-2-24　连续法制备过氧化物漂液流程

2．连续法

(1) 流程： 见图9-2-24。

(2) 制备方法： 将H_2O_2、$MgSO_4$和Na_2SiO_3计量后加到调药槽的第一格中，搅拌后溢流到第二格，与从底部加入的NaOH混合后又溢流至第三格，再与从底部加入的H_2O,混合溢流至第四格，然后送往贮存槽。

连续法的优点为漂液边制备边使用，这样可以减少H_2O_2的分解。

3．蒽醌法制H_2O_2

传统的H_2O_2是以电解法生产的，每生产一吨27.5%的H_2O_2耗电7000～9000度，还要消耗3～4克白金，因此成本高，难于普遍使用。近来，利用能自动氧化的有机物2—乙基蒽醌，以甲基

偶氮苯催化或汞齐加氢，然后再进行空气氧化，用水萃取而得H_2O_2。

消耗指标：以制取一吨27.5%的H_2O_2计，主要原料和能量消耗如下：

氧	214米^3
氢	293米^3
氮	214米^3
蒽醌	0.798公斤
苯	51.4公斤
氢化萘	2.9公斤
合金粉	1.8公斤
固体碱	4.66公斤
碳酸钾	5.83公斤
电	251千瓦小时

4. 空气阴极法制碱性过氧化氢

北京市造纸研究所试验成功用空气阴极法制碱性过氧化氢。

该方法的主要优点是容易工业化，并且经济效益显著。其原因是设备简单，运行安全，投资少，费用低，便于用户自制，其生产规模可根据需要决定，而且与外购商品过氧化氢相比，可以免除工商利税和商品过氧化氢必不可少的蒸馏浓缩、包装、运输、储存等方面的费用。

该法的反应原理如下：

氧在阴极的还原是一个复杂的四个电子过程，其过程基本上可分为两大类：

(1) 第一类是氧分子在阴极得电子还原为H_2O_2(或HO_2^-)，然后再进一步得电子还原为水(或OH^-)。

在酸性溶液或中性溶液中：

$O_2 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2O_2$　　平衡电位0.68伏

$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons 2H_2O$　　平衡电位1.77伏

在碱性溶液中：

$O_2 + H_2O + 2e \rightleftharpoons HO_2^- + OH^-$　　平衡电位－0.07伏

$HO_2^- + H_2O + 2e \rightleftharpoons 3OH^-$　　平衡电位0.87伏

上列反应式表明：无论是在酸性或是在碱性条件下，H_2O_2 (HO_2^-)/H_2O体系的平衡电位，都比O_2/H_2O_2(HO_2^-)体系的平衡电位要正得多。

因此从热力学的角度来分析，在阴极过程中，H_2O_2 (HO_2^-)是不稳定的中间产物，不容易得到明显的积累。但在强碱性溶液中，由于H_2O_2大量离解为HO_2^-离子，HO_2^-离子受带相同电荷阴极的排斥，使HO_2^-进一步还原为OH^-的平衡电位，明显地移向负方。在这种状态下，控制阴极适当的电位，HO_2^-在体系中可积累到较高的浓度，从而具备了在工业上直接使用的价值。

在已经生成HO_2^-之后，在体系中可能发生的反应还有：

$HO_2^- - 2e \rightarrow O_2 + H^+$

$HO_2^- \rightarrow 1/2O_2 + OH^-$

(2) 第二类反应是以氧的吸附或表面氧化物、氢氧化物为中间产物的还原反应，过程中并无H_2O_2(或HO_2^-)生成。

$O_2 + 2M \rightarrow 2MO_{吸}$

$MO_{吸} + H_2O + 2e \rightarrow 2OH + M$(碱性溶液)

或$M + H_2O + 1/2O_2 \rightarrow M(OH)_2$

$M(OH)_2 + 2e \rightarrow M + 2OH^-$

该方法直接使用常压空气(<0.5公斤/厘米^2)，在气体扩散阴极和阳极金属板之间，采用阳离子隔膜的双室结构。

五、连二亚硫酸盐

通常用于纸浆漂白的连二亚硫酸盐为连二亚硫酸锌(ZnS_2O_4)和连二亚硫酸钠($Na_2S_2O_4$)两种。

（一）性　　质

连二亚硫酸盐为强还原剂。ZnS_2O_4贮存在干燥的地方比较稳定，受热、受潮都会降低还原能力。$Na_2S_2O_4$遇水和空气容易分解而放出大量的热量，甚至燃烧。

表9-2-23　　连二亚硫酸盐的物理性质

物　理　性　质	$Na_2S_2O_4$	ZnS_2O_4
外　观	白色结晶粉末	白色粉末
纯度(重量%)	94～95	86～88
分子量(无结晶水)	174.11	193.51
在19℃，1%(重量%)的pH值	6.0	6.4
对水的溶解度(19℃)份/100份水	32	40
容重(吨/米^3)(包装状态)	1.3	0.84
容重(吨/米^3)(松散状态)	1.16	0.65
熔点(℃)	55	
分解温度(℃)	75～80	200

（二）制　　备

1．流程

一般纸厂可买粉末状连二亚硫酸盐加水制成一定浓度的药液使用。但大厂以自行制造较合适。其制备流程见图9-2-29。

2．工艺条件

锌粉粒度	＜100微米
SO_2水溶液浓度	5～7%
反应温度	＜35℃
pH值	4～4.5
ZnS_2O_4浓度	～7%
锌转换率	80～90%
SO_2转换率	95%

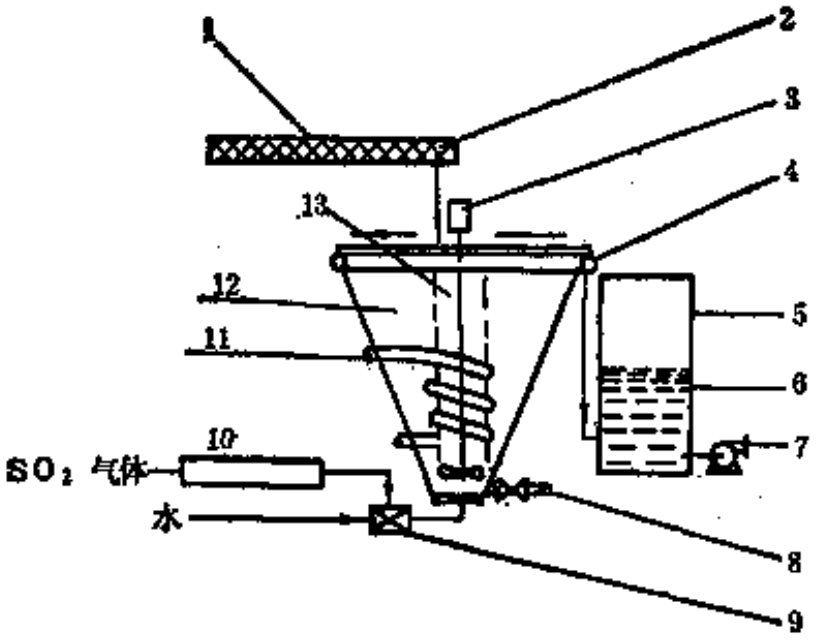


图9-2-25　连二亚硫酸盐漂白剂制备流程

1—锌粉　2—喂料口　3—搅拌器　4—出料收集环　5—ZnS_2O_4液贮槽(上层油层，下层ZnS_2O_4液)　6—油层　7—5～7%ZnS_2O_4溶液送往漂白塔　8—清洗排污口　9—混合器　10—计量器　11—冷却水进口　12—反应澄清器　13—圆柱形下落管

3. 原料消耗

以每公斤ZnS_2O_4计：

锌粉	0.51公斤
硫	0.5公斤

第三节　漂白技术

一、氯　化

氯化只是漂白全过程的预处理阶段，它不提高纸浆白度，经氯化纸浆颜色反而加深。

Cl_2对木素有良好的反应能力，Cl_2虽不大溶于水，但易被纸

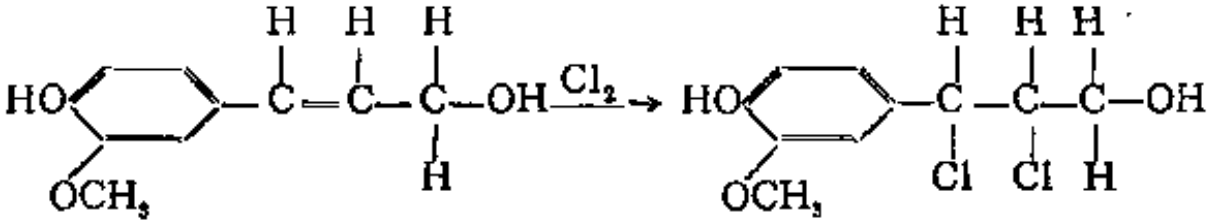
浆吸收并与纸浆中的残余木素反应生成氯化木素，这个反应很快。在正常条件下，氯化时纤维素降解很少。

Cl_2是比较便宜的一种漂白剂。通常氯化多在纸浆浓度较低、常温、常压下进行，条件比较适中，所以一般多段漂都有氯化段，并且都放在第一段。

（一）氯化时的主要化学反应

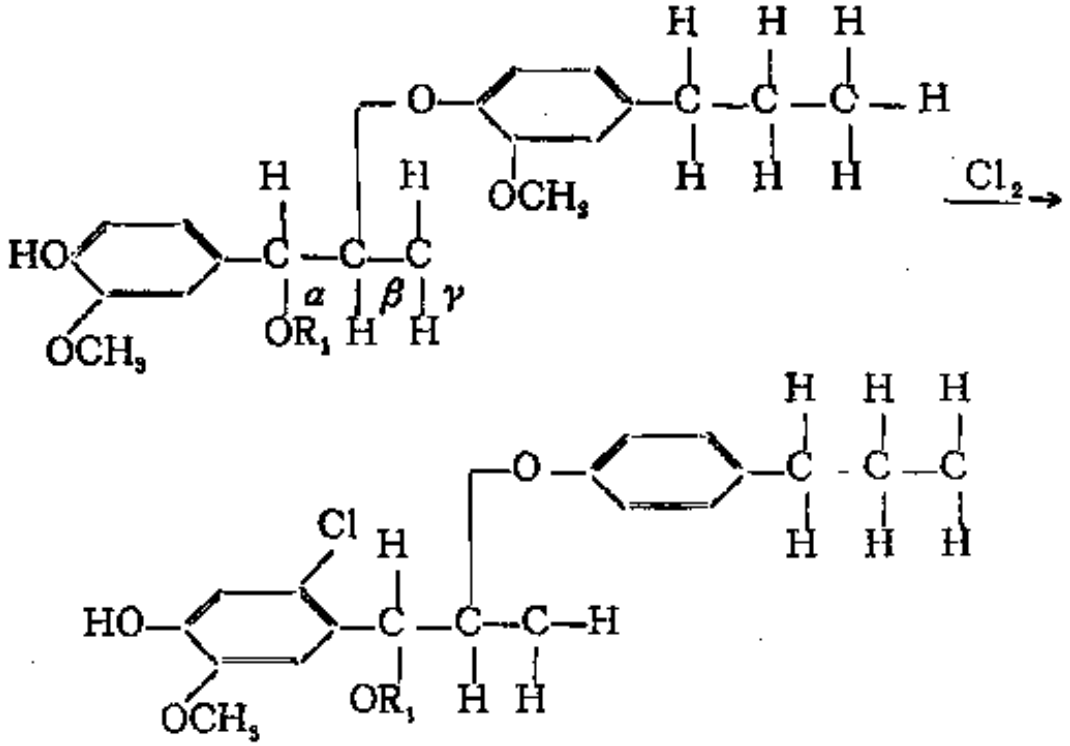
1．氯与木素的加成反应

发生在木素分子脂肪族双键处，反应很快，多在氯化的初期出现，它不引起分子断链和溶解。



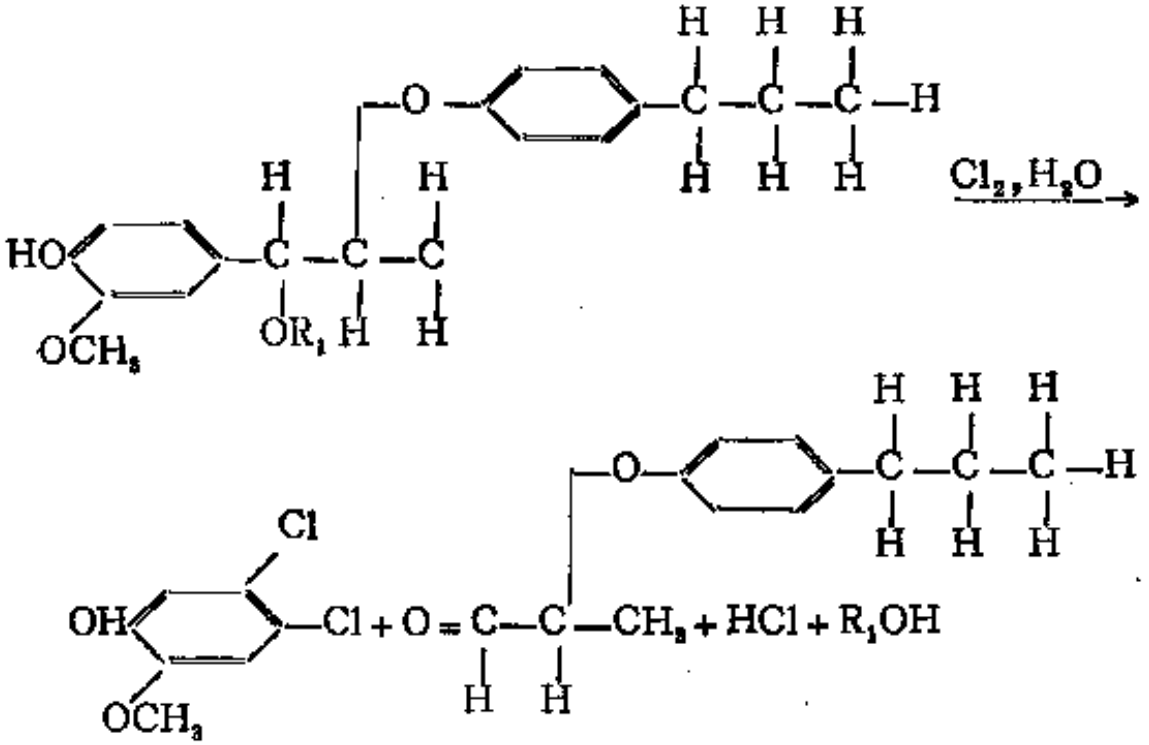
2．氯与木素的取代反应

发生在木素分子芳香族苯环的第六位碳原子上，其次是第五位，反应也很快。



木素分子脂肪族的α碳原子（靠环第一个碳原子）上的羟基或

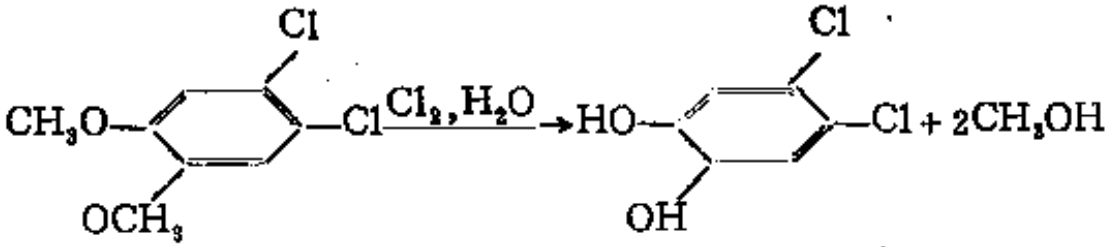
烷醚基可进一步与Cl_2发生断链反应，其生成物较易溶解。



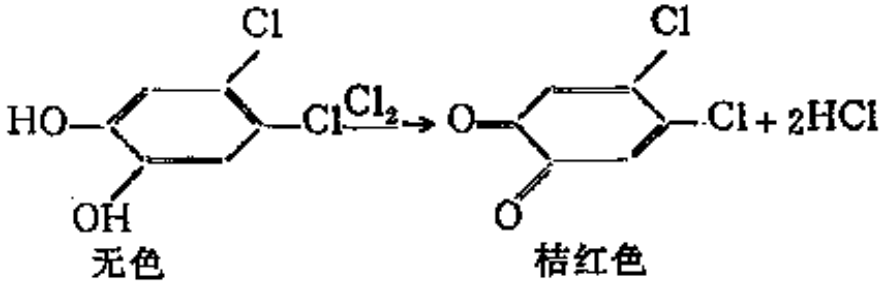
这种取代反应是氯化的主要反应，反应速度取决于温度，通常需10～20分钟，每一分子Cl_2生成1分子HCl。

3．氯与木素的氧化反应

上述反应的同时发生Cl_2催化水解反应，生成物具有较好的水溶性和碱溶性。



生成物又与Cl_2起氧化反应，生成桔红色的醌型物质。1分子Cl_2产生2分子HCl。



无色　　桔红色

醌型氯化物不稳定，尤其在碱性溶液中，氯原子被OH基取代，

生成可溶性物质。

（二）氯化的工艺条件

1．纸浆浓度

氯化时纸浆浓度较低，一般为3.0～4.0%，这是因为：

（1）氯化为常温，浓度低并不增加热能的消耗。

（2）氯化反应速度很快，浆、氯一经接触就应均匀混合，浓度低便于混合均匀。

（3）Cl_2较难溶于水，低浓有利于Cl_2的溶解。

2．用氯量

（1）在漂白总有效氯不变的情况下，提高氯化段用氯量，对生产有利。

（2）氯化段用氯量与漂白总有效氯之比可在50～90%之间，通常为60～70%。加氯太多如果混合不良，容易跑氯和局部过氯化。

（3）纸浆硬度与氯化用氯量的关系：不同硬度纸浆氯化段用氯量与漂白总耗氯量的关系见表9－3－1，几种纸浆氯化段用氯量见表9－3－2。

表9-3-1　　不同硬度的纸浆氯化段用氯百分比

序　　号	占总漂白耗氯的%	纸浆硬度等级
1	50～55	易漂软浆
2	60～65	中等硬浆
3	70	较硬浆
4	70～90	极硬浆

（4）亚硫酸盐浆容易漂白，一次氯化可以除去未漂浆中的大部分残余木素；硫酸盐木浆较难漂白，一次氯化只能除去一部分木素，为了减少纤维素降解，可采用二次氯化。亚硫酸盐木浆与

表9-3-2　　几种纸浆氯化用氯量

序　号	未漂浆的种类	用浆量（绝对干浆）（%）	浆硬度（高锰酸钾值）	备　注
1	亚硫酸盐木浆	3～6		
2	亚硫酸盐苇浆	2～4		
3	硫酸盐木浆	4～8	16～24	
4	硫酸盐苇浆	4～5	95～110	
		2～3	7～10	贝克曼价
5	硫酸盐漂白浆	2～3.5	8.5	
6	硫酸盐稻麦草浆	5～6	14～16	
7	硫酸盐竹浆	10	26～28	
		3～7	10～20	

硫酸盐木浆氯化的比较见表9－3－3。

表9-3-3　　亚硫酸盐木浆与硫酸盐木浆氯化比较

浆　　种	漂白总有效氯用量(%)	氯化后尚需有效氯量(%)
亚硫酸木浆	6～7	0.5
硫酸盐木浆	6～7	3～3.5

3．pH值

(1) pH值在氯化反应中起决定性作用，氯的水解反应如下式：

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HOCl + Cl^- + H^+$$

在25℃时平衡常数$K = 3.94 \times 10^{-4}$

次氯酸(HOCl)可解离为：

$$HOCl \rightleftharpoons OCl^- + H^+$$

在25℃时平衡常数$K = 5.6 \times 10^{-8}$。HOCl为弱酸，其酸性比H_2CO_3还弱。

在不同pH值时，氯一水平衡如图9-3-1所示，从图中可以看出氯化时pH值应小于2。

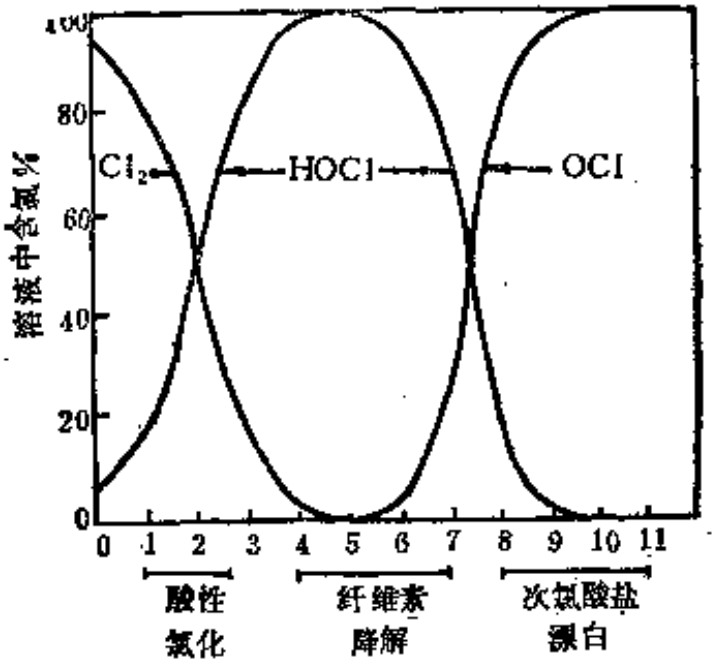


图 9-3-1　在不同pH值时，氯—水平衡

（2）由于氯化反应很快，初期就有大量HCl生成，使pH值很快降至2，以后反应变慢，最终可降至1.6～1.7。

（3）通常氯化时无需加酸调节pH值，但也有加HCl调节pH值的。

（4）生产硫酸盐木浆时，可用氯化段洗浆机的滤液，作为粗浆的洗涤水，以中和浆中的残碱。但所有与这种滤液接触的设备、管道、阀门等都应耐氯和次氯酸盐的腐蚀。

4．时间

Cl_2与浆的亲和力强，接触5分钟，Cl_2可消耗85%，15分钟氯化基本完成，但实际生产中氯化时间要长些。

（1）氯化反应的时间与温度关系很大，但生产上的工艺变数不能时常调整，因此设备的能力往往是按工厂最低水温季节有足够的反应时间设计的，通常反应时间如下：

亚硫酸盐木浆　　45～60分

硫酸盐木浆　　60～90分

亚硫酸盐木浆和硫酸盐木浆在不同温度下氯化时同与氯的消

耗的关系，如图 9－3－2、9－3－3 所示。

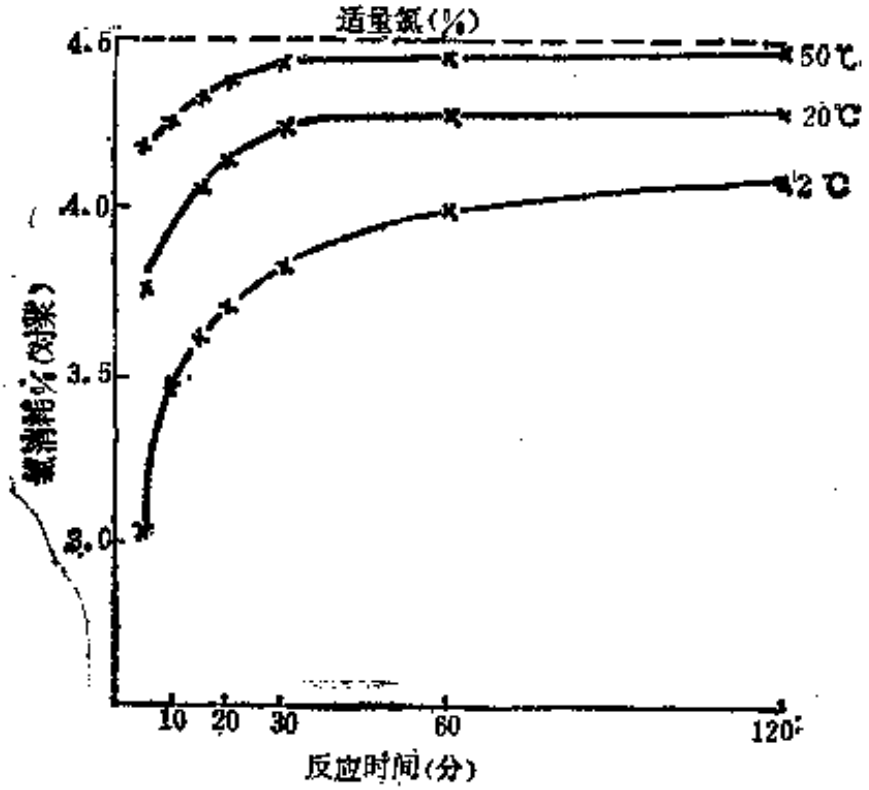


图 9－3－2　亚硫酸木浆在不同温度下氯化时间与氯的消耗关系

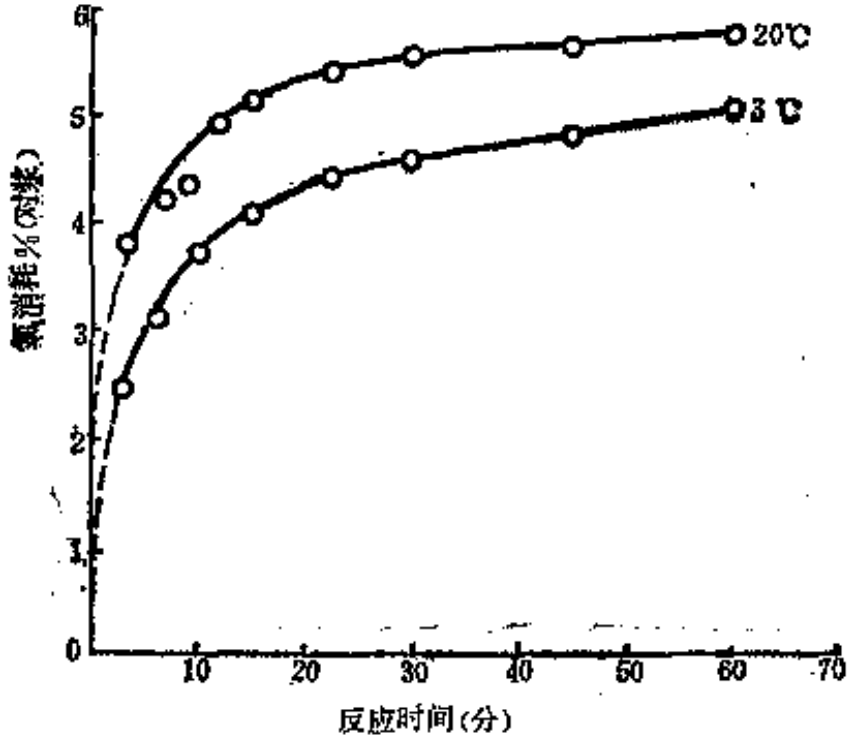


图 9－3－3　硫酸盐木浆在不同温度下氯化时间与氯的消耗的关系

条件：6 %Cl_2(对浆)

（2）氯化时间过长不仅加大氯化塔容积，也会导致纤维素的降解。硫酸盐稻麦草浆，经C-H-D三段漂时，随氯化时间的延长聚合度降低，如表9－3－4所示。

表9-3-4　氯化时间对源白稻麦草浆质量的影响

温度(℃)	时间(小时)	残氯(克/升)	氯耗(%)	白度(%)	聚合度(D.P)
20	2	0.39	6.06	82.7	880
20	1	0.497	4.81	83.5	1010

注：工艺条件：C段用氯7%，浓度4%。H段有效氯3%（加2%HCl），浓度6%，70℃，2小时。

5．温度

氯化反应可以在很低的温度，甚至接近零度下进行。提高温度可以加快氯化速度，但温度过高，纤维素的氧化作用加剧，形成羰基，对生产不利。

（1）不同温度下Cl_2—H_2O反应的K值如表9－3－5所示。

$$Cl_2 + H_2O \rightleftarrows HOCl + H^+ + Cl^-$$

$$K = \frac{[HOCl][H^+][Cl^-]}{[H_2O][Cl_2]}$$

表9-3-5　不同温度下Cl_2-H_2O反应的K值

$K \times 10^{-4}$	温　度　(℃)
1.46	0
2.81	15
3.94	25
5.10	35
6.06	45

（2）氯化为放热反应，每消耗1克分子Cl_2大约放出500卡热量。

（3）通常氯化温度不应超过25℃，温度超过30℃时纤维素降解加剧。

（4）在夏季采用降温氯化是不经济的，通常多用于缩短氯化时间来消除高温的影响。

（5）不同温度下氯化所需时间见表9－3－6。

表9-3-6　　不同温度下氯化的时间

温度(℃)	5	10	20	30	40
时间(分)	120	80	40	20	10

（6）氯化时间可用下述方法调整：

①在升流塔中，改变氯化时的纸浆浓度。温度高时，降低纸浆浓度。如在3％浓度下氯化需1小时，则：

浓度3.5％时为70分钟；

浓度2.5％时为50分钟；

浓度2％时为40分钟。

②采用两个容积不同的升流塔，可单独使用也可以串联使用。如一塔停留时间为20分，另一塔停留时间为40分，这样氯化时间可在20～60分的范围内调节。

③采用带预停留管的降流塔或升流塔，在降流塔中控制不同的液面以改变氯化时间。

6．氯化终点的控制

（1）控制氯化后的残氯量在0.04～0.05克/升之间。这种方法不够准确，因为由于取代物醌的干扰，在滴定中会产生误差。

（2）氯化—还原电位控制。

（3）测定氯化过程浆的反射率。

（4）凭经验控制。以纸浆经氯化后呈淡黄色为宜。

7．氯化时的添加剂

（1）氯化时，加入少量ClO_2可提高纸浆的白度和强度，见表9－3－7。

表9-3-7　ClO_2添加量对硫酸盐木浆性质的影响

ClO_2%（对浆）	高锰酸钾值（TAPPI法）	0.5%CED粘度（厘泊）
0.00	5.0	13.9
0.01	5.0	14.1
0.05	4.5	18.1
0.10	4.5	19.3
0.24	4.3	18.3
0.50	4.3	16.8
1.00	4.1	15.4

注：工艺条件：$Cl_2$7%，加不同量的ClO_2，浓度为3%，25℃，1小时。氯化后的碱处理为NaOH2%，浓度15%，60℃，2小时。

从表9-3-7可知：加入微量(0.05%)的ClO_2，纸浆粘度可提高30%(以13.9提高到18.1)。

铁杉硫酸盐木浆氯化时加入少量ClO_2，纸浆的粘度显著改善，见图9-3-4。

南方松硫酸盐浆，氯化时用等量的有效氯(对浆)，变更ClO_2与Cl_2的比率，氯化后用EDED处理，混合氯化所得纸浆白度及其稳定性都比单独用Cl_2或ClO_2的好，见图9-3-5。

从图9-3-5可以看出：

①Cl_2与ClO_2之比在90:10和20:80之间效果较好。

②CED流程采用混合氯化的效果较CEDED更好。

在试验室中漂白硫酸盐稻草浆，氯化时添加ClO_2的效果，见表9-3-8。

从表9-3-8可以看出：用D/CH两段漂可相当于CEH三段漂。

氯化时，ClO_2较Cl_2提前通入效果较好。该法缺点是，氯化

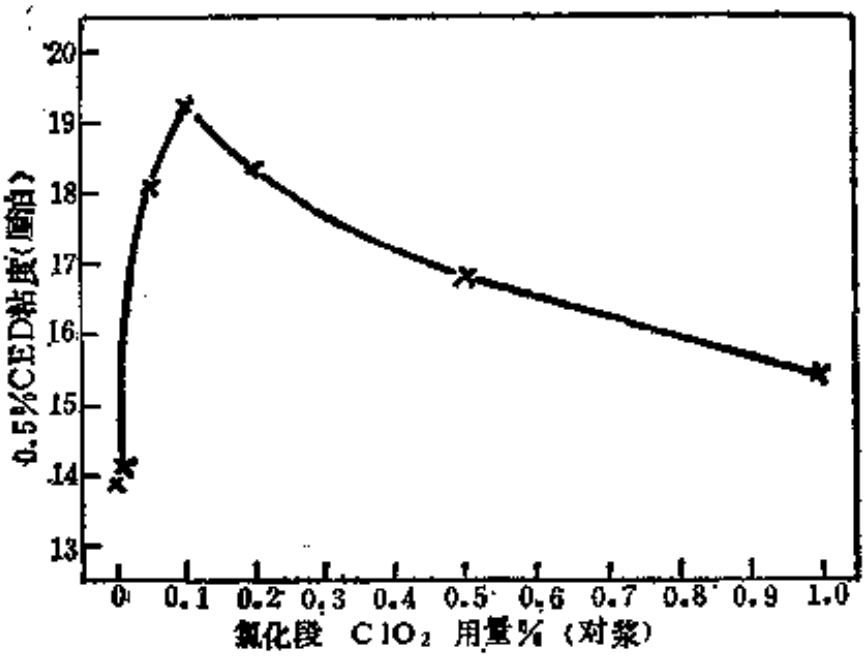


图9-3-4 氯化时加ClO_2的效果

注：工艺条件：C段：$Cl_2$7%，加入不同量的ClO_2，浓度3%，25℃1小时；E段：NaOH2%，浓度15%，60℃，2小时。

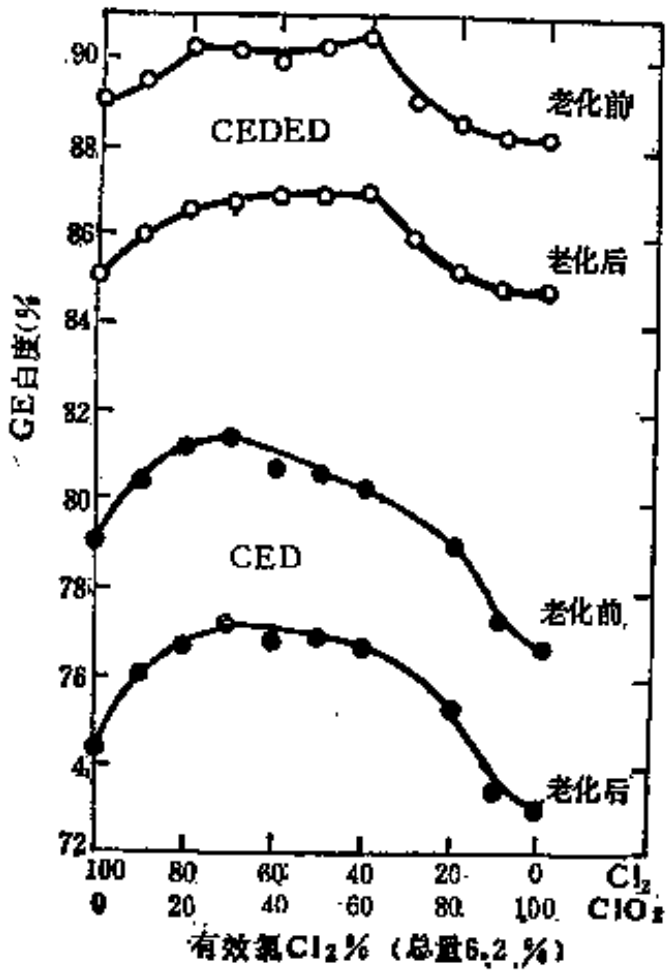


图9-3-5 混合氯化的效果

注：工艺条件：C段，Cl_2 6.2%，浓度3%，25℃，1小时；E段：NaOH2%；浓度15%，60℃，2小时；D_1 D_2段：70℃；ClO_2分别为1%和0.5%，浓度6%，70℃，3小时，终点pH值分别为2.3和6.8。

表9-3-8　　氯化硫酸盐稻草浆时添加ClO_2的效果

漂白流程	氯化段		次氯酸钙漂前聚合度(DP)	次氯酸钙漂前高锰酸钾值(K)	次氯酸钙漂段	
	用氯量%(对浆)	pH值			有效氯用量(%)(对浆)	NaOH(%)(对浆)
CEH	3	4→1.75	1410	2.2	2.4	0.78
D/CH	2.9,其中 Cl_2=2.3 ClO_2=0.6	7.6→2.1	1110	2.2	2.4	1.38

漂白流程	次氯酸钙漂段					漂白浆得率(%)
	pH值	聚合度(DP)	老化前白度(%)(蓝光)	老化后白度(%)(蓝光)	回色值(PC)	
CEH	11.4→9.2	1080	84.13	76.08	2.27	82.6
D/CH	11	880	84.63	75.93	2.42	93.3

注：工艺条件：E段：NaOH2%，浓度5%，55℃，1小时。

段的浆和白水系统应采用耐ClO_2腐蚀的材料，不可用衬胶。

(2) 氯化时添加少量含氮的化合物，如NH_3、铵盐、NH_2SO_3OH以及含氮的有机物，对纤维有保护作用。

图9-3-6为南方松硫酸盐浆，在CEHDP流程中，氯化时加入NH_4Cl对漂白浆耐破度的影响。

图9-3-7为南方松硫酸盐浆在C-E-H-D-P流程中，氯化时加入NH_4Cl，对漂白浆撕裂度的影响。

8．高温气相氯化

在全封闭循环的漂白系统中，将导致氯化温度升高，而高温氯化会使碳水化合物降解、纸浆粘度下降，见图9-3-8。

从图9-3-8可以看出：

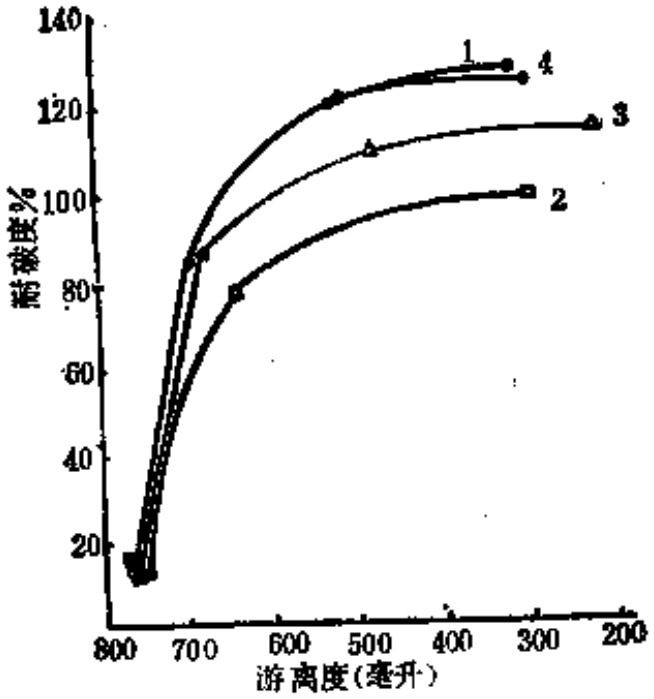


图9-3-6 氯化时加入NH_4Cl对漂白浆耐破度的影响

1—21℃，Cl₂ 30%K*，无NH_4Cl 2—43℃，Cl₂ 40%K，无NH_4Cl
3—43℃，Cl₂ 40%K*，0.204%NH_4Cl
4—43℃，Cl₂ 40%K*，0.408%NH_4Cl

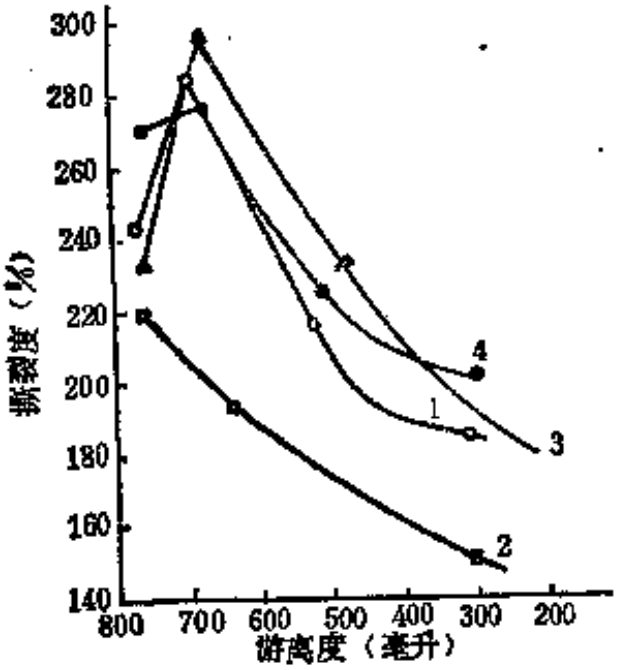


图9-3-7 氯化时加入NH_4Cl对漂白浆撕裂度的影响

1—21℃，Cl₂ 30%K*，无NH_4Cl 2—43℃，Cl₂ 40%K*，无NH_4Cl
3—43℃，Cl₂ 40%K*，0.204%NH_4Cl 4—43℃，Cl₂ 40%K*，0.408%NH_4Cl

氯化温度(℃)	反应时间(分)	粘度下降(厘米²/克)
13	60	200
50	15	462

高温气相氯化时，加入适量ClO_2或胺基磺酸，可以减少上述情况的发生，见图9-3-9。

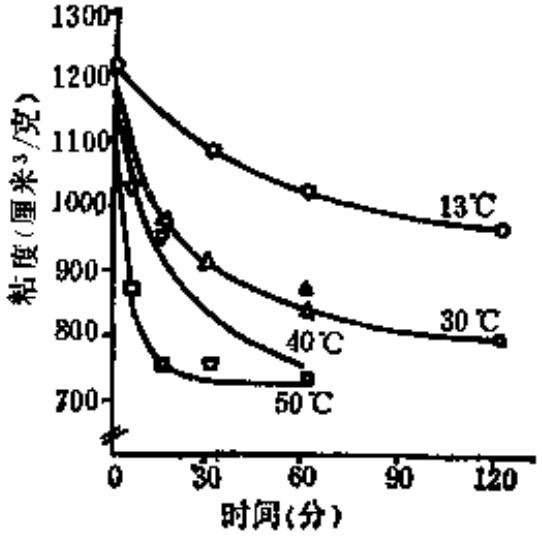


图9-3-8 氯化温度对纸浆粘度的影响(Cl_2用量75公斤/吨浆)

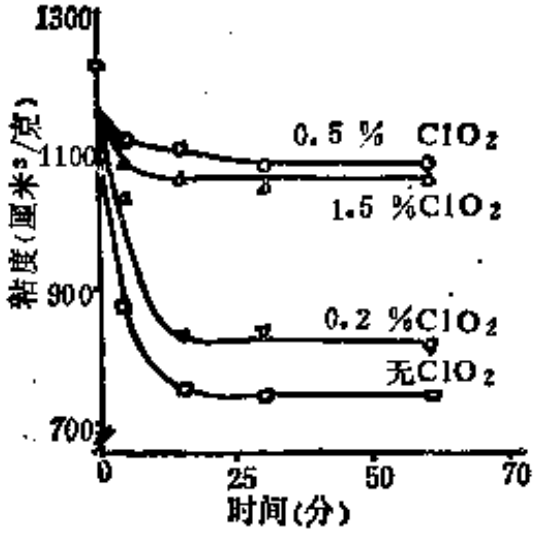


图9-3-9 氯化时ClO_2用量对纸浆粘度的影响

注：工艺条件：氯化温度50℃，总有效氯75公斤/吨浆，其中ClO_2 2～15公斤/吨浆。

(2) 氯化时ClO_2用量对纸浆得率的影响，见图9-3-10。

从图9-3-10中可以看出：高温气相氯化时如不加ClO_2，得率下降，加入适量ClO_2(0.5%)，得率上升，接近低温氯化时的水平。

(3) 氯化时ClO_2用量对纸浆碳水化合物组成的影响，见表9-3-9。

从表9-3-9可以看出：在高温气相氯化时，随ClO_2用量增加，纸浆中阿拉伯糖，木糖和甘露糖的含量均增加。

(4) 氯化时加入ClO_2对废水BOD_7的影响，见图9-3-11。

从图9-3-11中可以看出，低温氯化时氯化和碱处理段废水的生化耗氧量为12公斤/吨浆，在氯化段中加入ClO_2，废水的生化

表9-3-9 氯化时ClO_2用量对纸浆碳水化合物组成的影响

ClO_2 %(对浆)	15℃			40℃		
	阿拉伯糖 (%)	木糖 (%)	甘露糖 (%)	阿拉伯糖 (%)	木糖 (%)	甘露糖 (%)
0	1.5	9.2	4.7	0.2	7.3	3.8
0.2	1.1	9.0	5.5	0.6	7.8	4.3
0.5	1.0	9.1	5.4	1.1	9.3	4.9
1.0	1.1	9.5	5.4	1.4	(11.2)	5.7
1.5	0.9	9.3	5.4	1.8	9.3	6.0

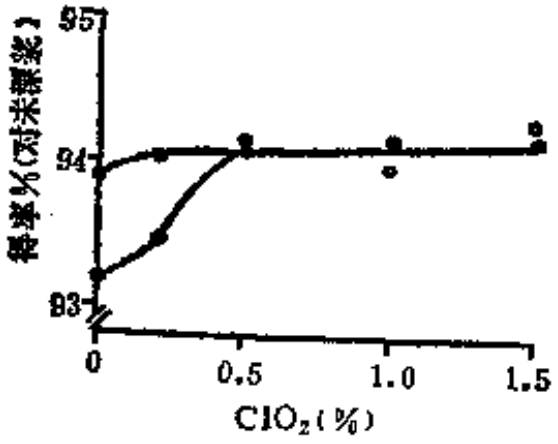


图9-3-10 氯化时ClO_2用量对纸浆得率的影响

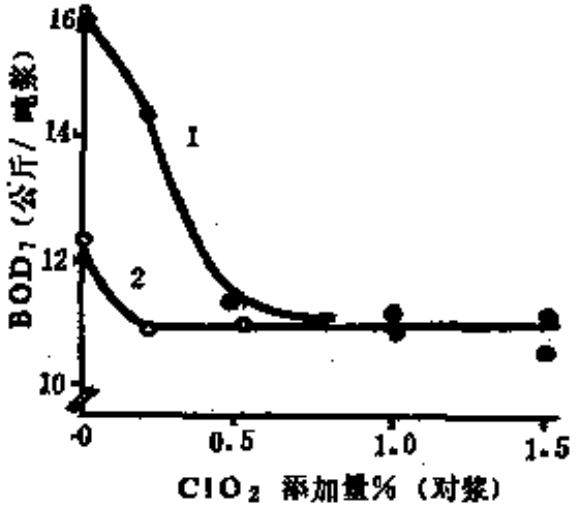


图9-3-11 氯化时加入ClO_2对废水BOD_7的影响
1-高温 2-低温

耗氧量迅速下降，但再加大ClO_2用量，生化耗氧量不再下降。高温(40℃)氯化时，废水中生化耗氧量可提高到16公斤/吨浆，而在氯化段中加入ClO_2后，则废水中生化耗氧量显著下降，可接近低温氯化时的水平。

二、碱处理

(一) 概述

经氯化后生成的氯化木素，有一部分要在碱性介质中才能溶

出，碱溶液还能溶解氧化的有色物质。所以碱处理多在氯化、次氯酸盐、ClO_2漂白的后面。

纸浆经碱处理后，可提高白度和稳定性。亚硫酸盐木浆用次氯酸盐漂白时，不经碱处理白度只能达到82度，经碱处理后白度可达87度。

由于碱处理溶解出有色物质，可节省漂白剂。通常使用1公斤碱，漂白用氯量可降低1公斤。

在温和的碱处理条件下，即温度低于70℃，碱浓度不超过2.0克/升时，对纤维素无影响，半纤维素溶解也不多。

碱处理还可溶出纸浆中的一部分树脂。

制溶解浆时，经热的浓碱处理后可提高α纤维素含量。

（二）碱处理的工艺条件

1. 纸浆浓度

一般为8～15%；从生产上考虑以高浓较好，因可节省蒸汽，碱浓度高，反应也快，可缩小碱处理塔容积。但浓度大小取决于设备，如浓缩机等的能力。

纸浆浓度超过15%时，由于浆料之间空隙增大，不会再减少碱处理塔的容积，因此，木浆碱处理浓度多采用15%。

2. 用碱量

亚硫酸盐木浆	0.1～1%NaOH(对浆)	
硫酸盐木浆	1～3%NaOH(对浆)	
硫酸盐苇浆	1～2%NaOH(对浆)	
硫酸盐蔗渣浆	1.5～2.0%	(对浆)
硫酸盐竹浆	4～6%	(对浆)

用碱量取决于未漂浆的硬度和纸浆种类，未漂硫酸盐木浆的高锰酸钾值与碱处理用碱量的关系见表9-3-10。

通常，在充分洗涤的情况下，针叶木硫酸盐浆碱处理段的用碱量，可按氯化段用氯量的一半再加0.3%来掌握，阔叶木硫酸

表9-3-10 未漂硫酸盐木浆用碱量与高锰酸钾值的关系

NaOH% (对浆)	高锰酸钾值
6	22～25
4	20～22
3	20以下

盐浆按用氯量的一半加0.2%掌握。

如果在氯化段加有ClO_2时，则碱处理段的用碱量可按Cl_2和ClO_2用量的一半加0.3%掌握。即当氯化段的Cl_2和ClO_2之比为1:1，有效氯加入量为5%时，须加2.5%的Cl_2和0.95%ClO_2，则用碱量为(2.5%+0.95%)×0.5+0.3%=2.03%

在足够溶出氯化木素的基础上，多用一些碱，可以得到较高的纸浆白度。

3. 温度

提高温度可提高氯化木素的溶解速度和溶解量。但温度高，热量消耗大。

一般碱处理温度为50～70℃。

4. pH值

提高pH值可改善纸浆的可漂性和纸浆质量。

一般情况下pH值在9.5～11之间。

5. 时间

提高温度可缩短碱处理时间。碱处理时间长纸浆质量好，但从生产考虑时间不宜过长。

一般多段漂白的第一碱处理段的碱处理时间为1～1.5小时，第二碱处理段为0.5～1.0小时。

6. 氧化碱处理

碱处理时可加入部分次氯酸盐以提高白度和白度的稳定性，称为氧化碱处理，以E/H表示。

氧化碱处理一般多用在第二碱处理段，其工艺条件通常为：纸浆浓度12%，温度70～77℃，加有效氯0.25～0.3%的次氯酸盐，终点pH值11左右。在这样的条件下1公斤有效氯的次氯酸盐可代替1公斤的ClO_2，而通常要用2.63公斤有效氯的次氯酸盐才能代替1公斤ClO_2。

氧化碱处理段在南方松硫酸盐浆五段漂白中的实际使用效果例举如表9-3-11所示。

表9-3-11　　氧化碱处理段在南方松硫酸盐浆五段漂白中的实际效果

漂白程序	氯化 Cl_2 (%)	碱处理 E_1	第一 ClO_2段 (D_1%)	碱处理或 E/H(%)	第二 ClO_2段 (D_2%)	终点白度 (%)	回色(1小时105℃)	CED粘度 (0.5%, 厘泊)
CEDED	5.0	3.25	1.2	0.50	0.32	88.4	1.9	12.4
CEDE/HD	6.0	3.25	0.9	NaOH 1.00 有效氯 0.30	0.32	89.3	1.9	12.3

三、次氯酸盐漂白

次氯酸盐是最早用于漂白纸浆的氧化性漂白剂，它可单独使用，也可作为多段漂白中的一段或二段，再配合以其它漂段完成漂白过程。

次氯酸盐漂白容易控制，只要条件合适，可以减少纤维素的降解。漂白半纤维素含量高的半化学浆时，只要条件选择得好，碳水化合物也很少被溶解。制造溶解浆时，可用次氯酸盐漂白控制所需要的聚合度。木素含量高的浆，用次氯酸盐漂白，反应快，纤维损伤少，效果较好，而木素含量低的浆，次氯酸盐漂白进展缓慢，且纤维损伤大，因此，次氯酸盐多用来漂白半漂浆。

（一）次氯酸盐漂白的反应机理

（1）次氯酸盐漂白应在碱性溶液中进行。最适宜的pH值为9～10，此时Cl_2主要以OCl^-形式存在。

（2）次氯酸盐漂白，系氧化破坏木素的分子结构，它是通过木素分子α或β碳原子上的游离酚羟基或酚醚而进行的。

（3）在碱性溶液中，分解产物被溶解，由此，化学药剂可进一步与纤维深层的木素反应。

（4）次氯酸盐在一定程度上也能与纤维素作用，首先引入羰基(C＝0)，随后氧化为羰基(COOH)，最后产生解聚作用。

（二）次氯酸盐漂白的工艺条件

1．纸浆浓度

过去次氯酸盐段漂白的纸浆浓度一般为3～6%，而现代漂白系统中次氯酸盐段漂白的纸浆浓度一般为10～12%。高浓对生产有利，其优点为：

（1）节省蒸汽。

（2）漂液浓度高，反应速度快。

（3）漂白塔容积小。

（4）节省氯。浓度由7%提高到18%，可节省氯10～20%。

（5）高浓漂白的浆，纯度高，物理性能好。在实际生产中，浓度的大小主要取决于设备。在贝尔曼式间歇漂浆机内浓度一般为5～7%；在漂白塔内为8～18%。

2．有效氯用量

（1）次氯酸盐单段漂中有效氯需要量见表9-3-12。

（2）硫酸盐木浆多段漂的第一次氯酸盐段的有效氯用量通常为1～2%，反应终点保留残氯0.05～0.1%，以防止返黄。工厂中往往将未漂浆的硬度与有效氯制成曲线或归纳成经验公式便于应用。比较精确的方法是取样测定漂率。下面例举几种经验式和曲

表9-3-12 几种木浆一段次氯酸盐漂白时的有效氯需要量

序 号	浆 种	有效氯需要量(%)(对浆)
1	易漂亚硫酸盐木浆	3～5
2	普通亚硫酸盐木浆	5～7
3	阔叶木碱法浆	4～6
4	易漂硫酸盐木浆	5～8

线。

①硫酸盐稻麦草浆有效氯用量与纸浆硬度的关系：

漂至白度80度(蓝光)时：$Cl_2 = 0.668K - 1.012K$为高锰酸钾值。适用范围K = 8～14。

② 硫酸盐法蔗渣浆有效用量与高锰酸钾值的关系，见表9-3-13。

表9-3-13 硫酸盐法蔗渣浆有效氯用量与高锰酸钾值的关系

高锰酸钾值	漂率计算公式
6.0～8.5	0.355K
8.6～9.0	0.4K
9.1～10.5	0.45K
10.6～12	0.5K

③ 碱法稻草浆有效氯用量与高锰酸钾值的关系，见图 9-3-12。

(3) 在多段漂流程中，次氯酸盐漂白多放在第三段，使之达到70度左右的白度，这样即可使纤维素少受损伤，又可预先用较便宜的次氯酸盐漂白剂除去部分木素，以减少下段ClO_2的用量。

表 9-3-14 为硫酸盐木浆经氯化、碱处理后，第三段用次氯

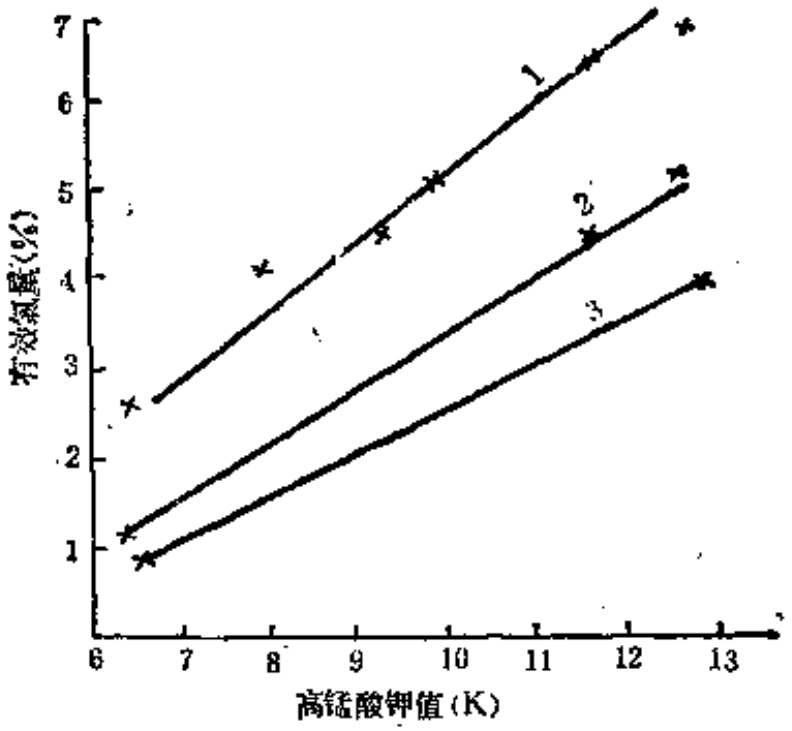


图9-3-12　碱法稻草浆有效氯用量与高锰酸钾值的关系

1-白度80度　　2-白度75度　　3-白度70度

表9-3-14　　高锰酸钾值K与有效氯需要量的关系

K值个位 / 有效氯用量(%) / K值分位	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0.127	0.356	0.67	1.04	1.43	1.81	2.20	2.60
0.1	0.15	0.38	0.71	1.08	1.46	1.85	2.24	2.64
0.2	0.172	0.40	0.75	1.12	1.50	1.88	2.28	2.6
0.3	0.195	0.425	0.78	1.16	1.54	1.92	2.32	2.73
0.4	0.217	0.445	0.82	1.20	1.58	1.96	2.36	2.77
0.5	0.24	0.48	0.86	1.24	1.62	2.00	2.40	2.81
0.6	0.263	0.52	0.90	1.27	1.65	2.04	2.44	2.86
0.7	0.285	0.56	0.93	1.31	1.69	2.08	2.48	2.90
0.8	0.31	0.59	0.97	1.35	1.73	2.12	2.52	2.94
0.9	0.33	0.63	1.00	1.38	1.77	2.16	2.56	2.98

酸盐漂至69度白度时高锰酸钾值(碱处理后)与有效氯需要量的关系：

图 9-3-13 为硫酸盐木浆经氯化、碱处理后，第三段用次氯酸盐漂至规定的白度时，碱处理后的高锰酸钾值与有效氯需要量的关系。

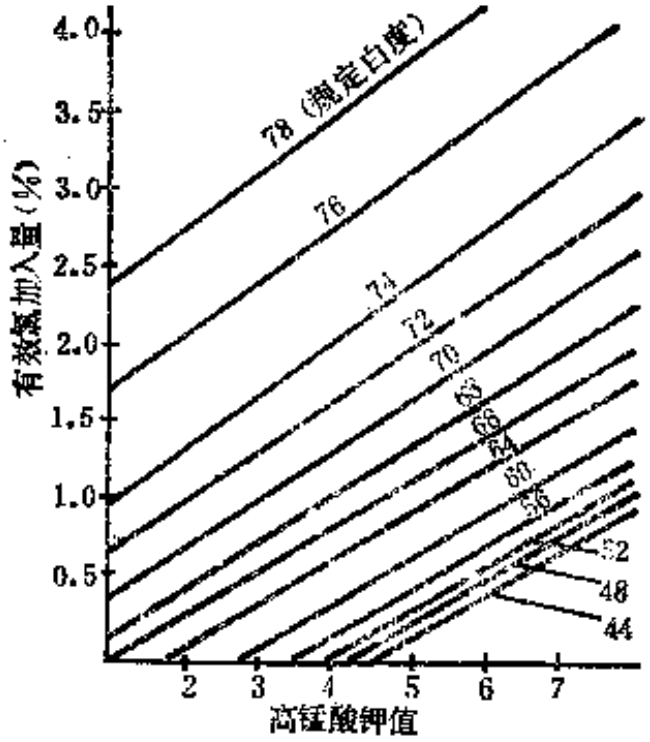


图9-3-13 高锰酸钾值与有效氯需要量的关系

(4) 以次氯酸盐作为终段漂白时，为了减少损伤纤维，除漂白条件要温和外，有效氯用量要低，通常应在1%以下。

3. 温度

(1) 漂白为放热反应，理论上每消耗 1 克有效氯，要放出1100卡的热量。在纸浆浓度5%时，每消耗1%有效氯(对浆)，温度上升0.6℃，纸浆浓度15%时，升高1.8℃。因此，在低浓下漂白，温升影响不大，生产上只要控制反应初期温度即可。但高浓漂白时，由于温度高，加上摩擦生热，对纸浆质量有所影响，生产中必须加以考虑。通常

浓度4～6%时，漂白温度40℃；

浓度6～10%时：漂白温度38℃；

浓度10～16%时：漂白温度35℃。

（2）漂白温度高，反应速度快，纸浆白度好，在30～50℃范围内，每增加7℃，反应速度增加1倍。最近有在60～70℃下进行次氯酸盐漂白的，只要精心控制，并缩短停留时间，也不会损伤纤维。但温度过高，不仅热量消耗大，如不精心控制，纤维素还容易降解。在生产中，如漂白设备的能力大，在偏低一些温度下漂白为宜。

4．pH值

（1）漂白的全过程应在碱性条件下进行，虽然速度慢些，但纤维损伤少。

（2）在漂白过程中，会产生有机酸和CO_2，使pH值有所下降。

（3）一般情况下漂白开始时pH值为10～11，终点pH为8。有人建议，整个漂白过程pH值不应低于9。pH值高也有利于浆料白度的稳定，pH值对硫酸盐木浆次氯酸盐漂白的影响见图9-3-14。

可以看出：pH7.3时虽较pH10时白度稍高，但纸浆粘度显著下降。

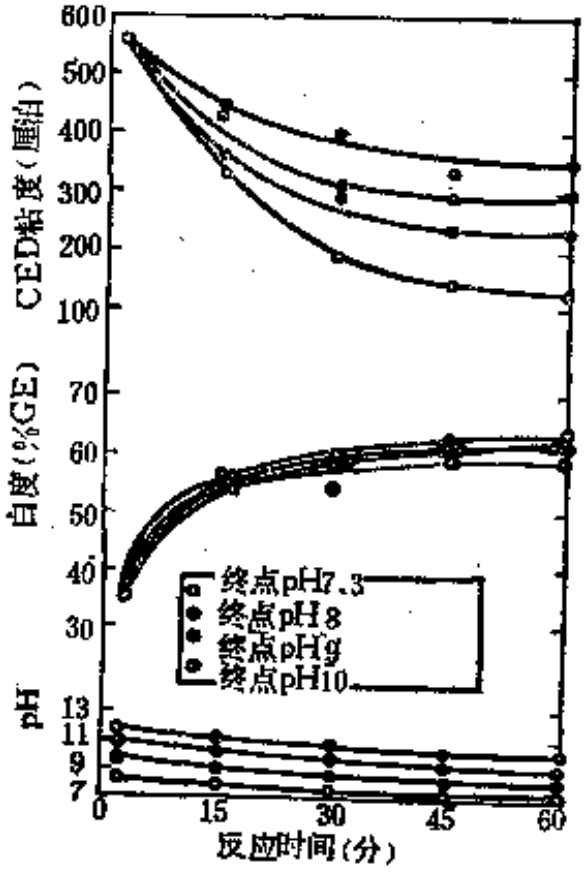


图9-3-14 pH值对硫酸盐木浆次氯酸盐漂白的影响

注：工艺条件：
用氯量1.6%，浓度14%，温度30℃

5．时间

亚硫酸盐木浆次氯酸盐单段漂白的浓度、温度与时间的关系见表9-3-15。

表9-3-15　　亚硫酸盐木浆次氯酸盐单段漂白的浓度、温度与时间的关系

序　号	纸浆浓度(%)	温　度(℃)	时　间（小时）
1	3～4	40～50	5～6
2	5～7	40～45	4～6
3	8～10	35～40	4～6
4	12～16	25～35	2～4

6. 漂白终点控制

一般控制残氯量。在中间漂白段残氯量为2.3～2.7公斤/吨浆。在末段残氯量为0.9～1.8公斤/吨浆。

残氯太低，漂白的浆容易返黄。如果达到规定白度后，残氯偏高，可加脱氯剂$Na_2S_2O_3$或Na_2SO_3脱氯。

四、二氧化氯(ClO_2)漂白

ClO_2为选择性很强的氧化性漂白剂，只要条件选择得当，可将任何一种化学浆漂至白度90以上，漂后浆的物理性能接近或稍高于未漂浆，白度的稳定性也好。因此，到目前为止ClO_2仍然是较理想的漂白剂。

（一）ClO_2漂白与次氯酸盐漂白的比较

(1) ClO_2为弱氧化剂，氧化电势较次氯酸盐低，如表9-3-16所示。一般在氧化电势大于0.9伏下漂白时，纤维素会降解；氧化电势在0.4～0.9伏之间，漂白剂只与木素作用，纤维素很少降解；氧化电势在0.4伏以下时只起脱色作用。

(2) 在相同的条件下，ClO_2漂白较次氯酸盐漂白的浆白度

表9-3-16　　次氯酸盐与二氧化氯的氧化电势

次氯酸盐		二氧化氯	
pH值	氧化电势(伏)	pH值	氧化电势(伏)
2	1.428	1.30	1.038
3	1.487	2.20	0.947
4	1.4.7	3.00	0.886
5	1.494	4.00	0.79
6	1.486	5.68	0.73
7	1.324	7.00	0.70
8	1.058	8.00	0.66
9.5	0.944		
11	0.94		

表9-3-17　　ClO_2与次氯酸盐漂白结果比较

漂白方法	漂前白度(GE)	漂后白度(GE)	白度增值(GE)	粘度下降(厘泊)
ClO_2 漂	70	83.3	13.3	8
次氯酸盐漂	70	81.2	11.2	16

注：工艺条件：硫酸盐木浆，纸浆浓度5%，用氯量1%，温度38℃，pH9。

高，物理性能好，见表9-3-17。

(3) 在高白度范围内，用次氯酸盐漂白时，后期白度的增加是在损伤纤维强度下获得的。因此，难漂的浆料，不宜用次氯酸盐作为高白度浆的唯一漂白剂，而ClO_2可将难漂的硫酸盐木浆漂到白度90以上，纤维强度很少受损伤。

(4) 用ClO_2漂白硫酸盐木浆，一般采用五段(CEDED)就可以达到很高的白度和强度。而单用次氯酸盐漂白时，为了减少纤维的损伤，往往要多至8～9段。

(5) 用ClO_2漂白容易使尘埃点脱色。

(6) 用ClO_2漂白，浆的得率高，废水污染少，如表9-3-18所示。

表9-3-18　　次氯酸盐与ClO_2漂白对污染的影响

漂白流程	白度(%)	得率(%)	三段混合废水BOD
CEH	80.6	81.8	170
CED	83.6	83.9	92.8

(7) ClO_2漂后浆的不透明性好。

(8) ClO_2制备比较复杂，腐蚀性强，需用特殊的耐腐蚀材料。

(二) ClO_2漂白的工艺条件

1. 纸浆浓度

一般为10～12%。浓度变化并不影响漂白时间和漂白温度。

2. ClO_2用量

指ClO_2对绝干浆的重量百分数。

(1) 作为补充漂白时(即先用次氯酸盐漂至半漂)ClO_2用量0.4～0.7%。

(2) 作为唯一漂白剂时ClO_2用量见图9-3-15。

从图9-3-15可以看出：

① CED流程中，ClO_2用量从0提高到1.1%，最高白度可达82。进一步提高ClO_2用量不会提高白度。

② CED_1ED_2流程中，当O_2段ClO_2用量固定为0.5%时，D_1段ClO_2用量由0.25%提高到1.1%，最终白度无多大变化，进一步提高D_1段ClO_2用量，白度还有所下降。表明要达到最高的成浆白度，D_1段的ClO_2用量有一最佳值，而不宜过高。

3. 时间

ClO_2漂白时时间的影响见图9-3-16。

从图9-3-16可以看出：

(1) 反应5分钟ClO_2消耗75%，白度由78度提高到88度。

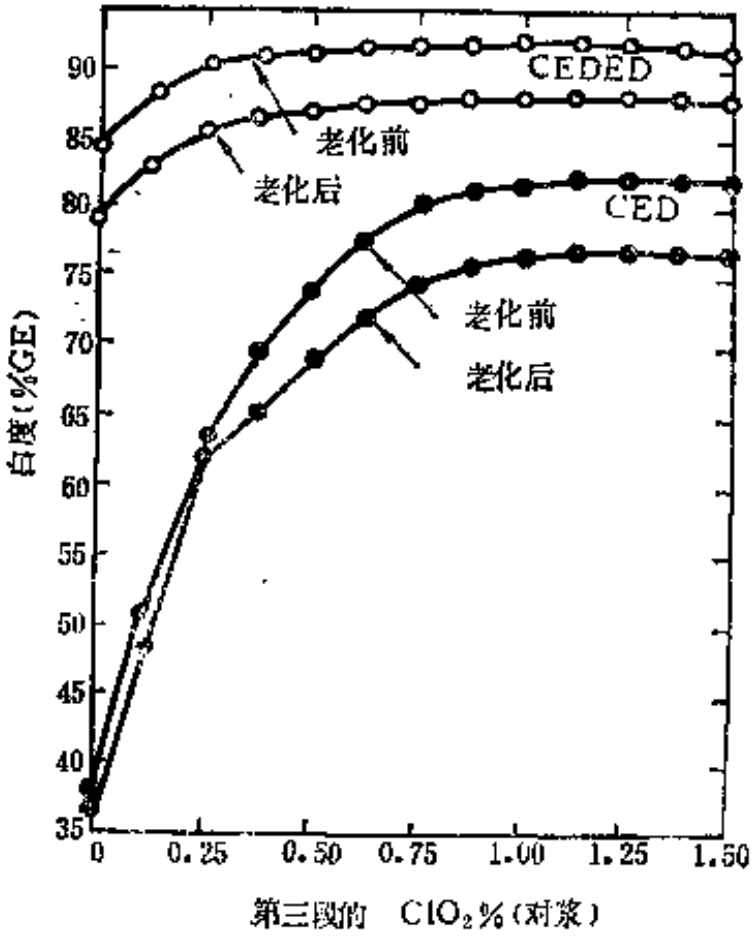


图3-3-15 ClO_2作为唯一漂白剂时的用量

注：工艺条件：松木硫酸盐浆；C段：$Cl_2$6.2%，浓度3%，25℃，2小时。E段：NaOH 2%，浓度15%，60℃，2小时。D段：变量，浓度6%，70℃，3小时。D_2段：$ClO_2$0.5%，浓度6%，70℃，3小时

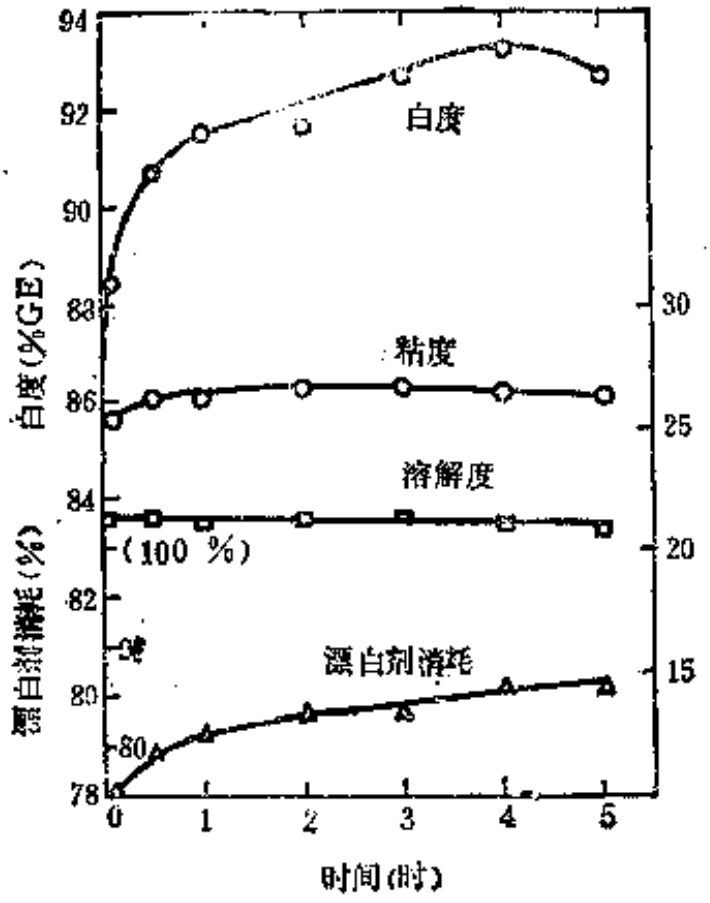


图3-3-16 ClO_2漂白的时间与白度的关系

注：工艺条件：氧化和碱处理后的亚硫酸木浆 ClO_2用量1%，浓度6%，70℃

（2）延长漂白时间，白度增加缓慢。3小时后已不再增加，因此生产上反应时间一般为3小时。

4．温度

如果纸浆浓度、时间、pH值不变，只要全部的ClO_2未用完，提高温度可以得到较好的白度。如果ClO_2全部消耗完了，则温度越高，时间越长，白度反而下降，这可能是由于在没有氧化剂存在的情况下，高温引起返黄的缘故。因此，一般最适宜的温度为70～80℃，见图9-3-17。

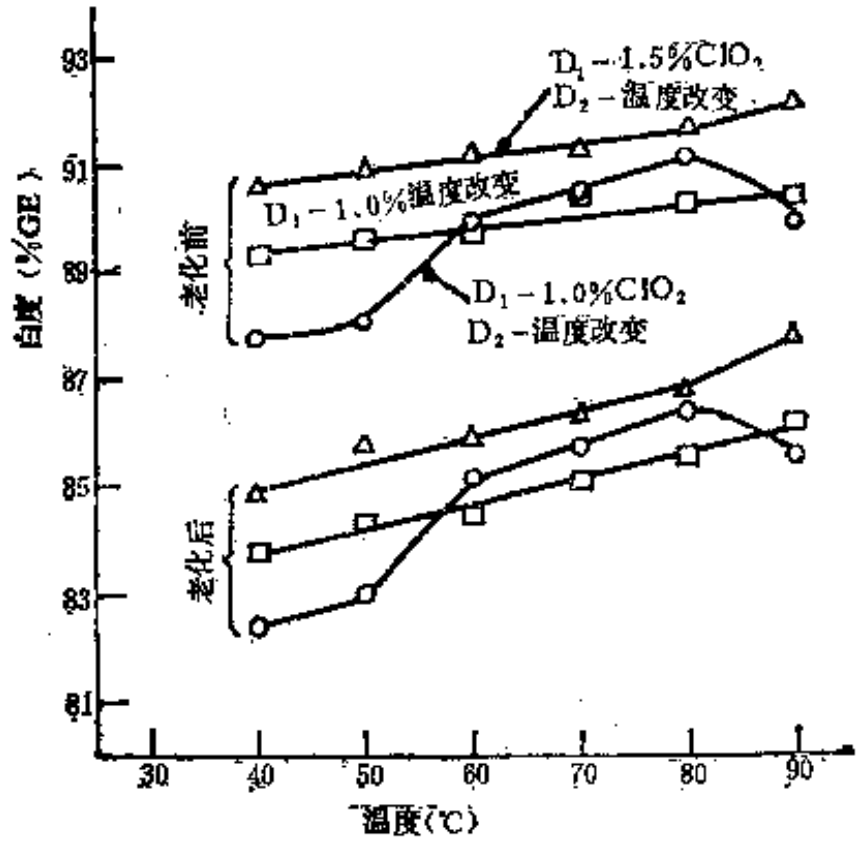


图9-3-17　温度与白度的关系

注：工艺条件：氯化和碱处理后的硫酸盐木浆，D_1段，ClO_2 1%和1.5%，浓度6%，pH6，3小时；E段：NaOH 2%，浓度15%，60℃；D_2段，ClO_2 0.5%，浓度6%，3小时。图中曲线为固定某段温度为70℃，变更另一段温度。

从图9-3-17可以看出：

“△”：D_1用过量的ClO_2（1.5%），固定D_1温度为70℃，当提高D_2段温度时白度增加。

"□"：D_1用量为1%ClO_2，固定D_2温度为70℃，当提高D_1段温度时白度增加。

"○"：D_1用量为1%ClO_2，固定D_1温度为70℃，当提高D_2段温度时，在50～60℃之间，白度增加最快。但在90℃时反而比80℃时低。

由图9-3-17可以归纳如下：

(1) D_1和D_2段都应在较高温度(70℃)下进行。

(2) 为了节省热量，采用一段高温和一段低温时，以D_1段低温，D_2段高温漂白效果较好。

5. pH值

ClO_2可在碱性、中性或酸性介质中漂白。但在不同pH值时，纸浆白度和ClO_2用量有所差异。

ClO_2在水中和氢氧离子(OH^-)反应生成氯酸盐离子和亚氯酸盐离子：

$$2ClO_2 + 2OH^- \rightarrow ClO_3^- + ClO_2^- + H_2O$$

有纸浆存在时上述反应同样发生，只是一克分子的ClO_2被还原成亚氯酸($HClO_2$)，它即和纸浆反应，产生漂白作用，而不是被另一克分子的ClO_2氧化成氯酸盐。

ClO_2 + 浆 → $HClO_2$ + 氧化的浆

当pH值高于7时，这反应进行得非常剧烈，纤维受到破坏。所生成的$HClO_2$很快和它解离的产物达到平衡：

$$HClO_2 \longleftrightarrow ClO_2^- + H^+$$

$HClO_2$将木素氧化而本身被还原成次氯酸(HClO)，在有氯化物存在时反应如下：

$$HClO + Cl^- + H^+ \longleftrightarrow Cl_2 + H_2O$$

不存在Cl^-时，HClO和$HClO_2$反应生成ClO_2和HCl：

$$HOCl + 2HClO_2 \longrightarrow 2ClO_2 + H_2O + H^+ + Cl^-$$

$HClO_2$自己也相互反应生成氯酸盐、次氯酸和氢离子：

$$2HClO_2 \longrightarrow H^+ + HOCl + ClO_3^-$$

因此，ClO_2最终被转化成无漂白能力的氯酸盐、亚氯酸盐和氯化物。其比例主要取决于pH值和纸浆中的木素含量。

七十年代以前，人们对ClO_2由于转化成无活性的氯酸盐而损失其氧化能力这一现象不大注意。近来。R_aPSO_n等人研究指出，pH低时ClO_2转化成氯酸盐的比例大，而pH高时，ClO_2转化成亚氯酸盐离子的比例大，这都会损失ClO_2的氧化能力。在漂白终点pH3.8时，氯酸盐和亚氯酸盐的含量最少，因此对漂白最为有利，如图9-3-18所示，因此可以获得最高的白度。

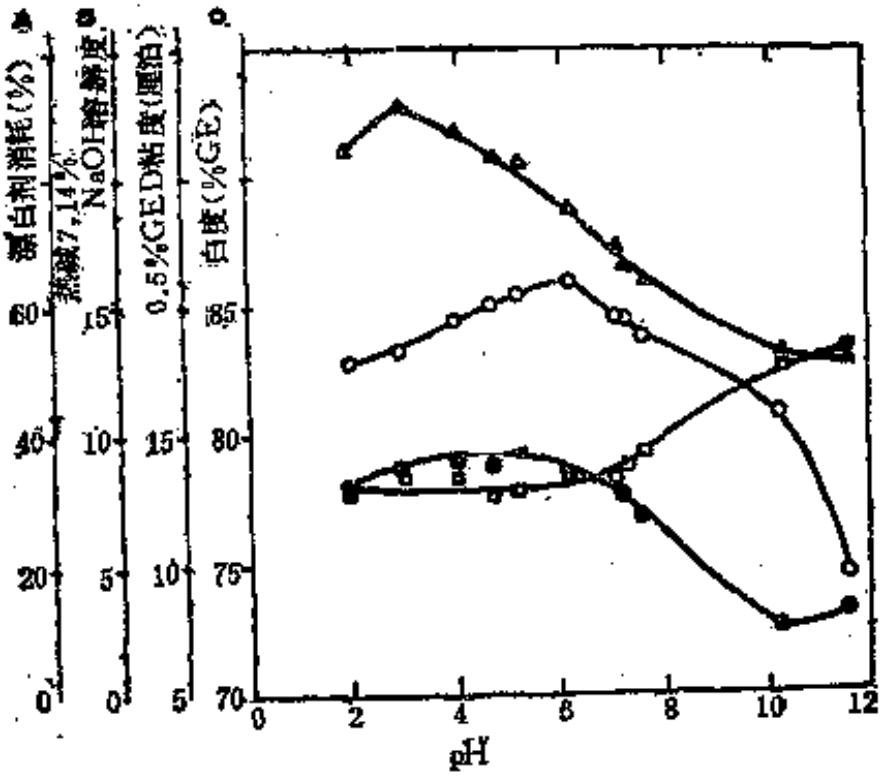


图9-3-18 D_1段终点pH值对纸浆白度和所生成的氯酸盐、亚氯酸盐的影响

注：工艺条件：针叶木硫酸盐浆，卡伯价28，C段：$Cl_2$5.5%，浆浓3%，25℃，45分钟，终点pH1.70；E段：NaOH3.0%，浆浓12%，70℃；2小时，终点pH11.6；D_1段：$ClO_2$1%，浆浓6%，70℃。终点pH值是以在浆中加NaOH调节的。漂液中的氧化剂以有效氯表示。

pH值对纸浆返黄的影响如图9-3-19所示。从图中可以看出，D_1段pH3.8时，CED段后的返黄最小，在CED_1ED_2系统中，

如果D_2的pH值保持最佳值，则D_1段的pH值变化的影响不很明显。

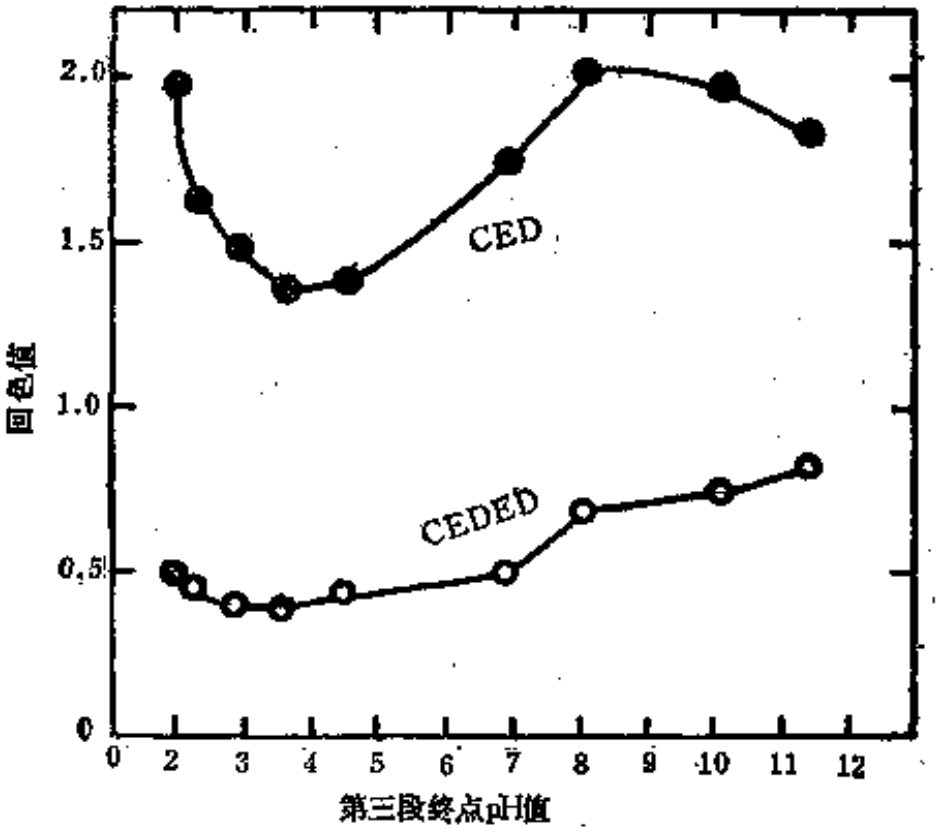


图9-3-19 pH值对返黄的影响

6. ClO_2漂白时Cl_2的影响

无论用哪一种方法制备的ClO_2，都不可避免地含有一些Cl_2。

在后段的ClO_2漂白（如CED_1ED_2中的D_2段）中，当Cl_2取代ClO_2的数量不超过10%当量时，对提高和稳定白度都有一定好处，对粘度影响不大；所取代的ClO_2量超过10%时，白度和白度的稳定性以及粘度明显下降，以用Cl_2取代5%当量的ClO_2漂白效果最好。

五、过氧化物漂白

过氧化物为温和的氧化性漂白剂。过氧化物漂白只改变木素的发色基团而不除去木素。

用于纸浆漂白的过氧化物有过氧化氢和过氧化钠两种。

在碱性溶液中，过氧化物生成过氢氧离子而具有漂白效应。

$H_2O_2 \longrightarrow H^+ + HOO^-$(过氢氧离子)

(一) 过氧化物漂白的特点

(1) 最适宜于漂白机械木浆、半化学浆、冷碱浆等高得率浆、漂白后仍保持高得率的特点。

(2) 机械木浆经漂白后，白度增加，但不透明度降低不多。

(3) 化学浆用过氧化物漂白，稳定性好。因此，制造特种纸的浆可用过氧化物进行末段漂白。

(4) 用电解法生产的过氧化物价格较贵，但采用蒽醌法制造可降低H_2O_2成本。

(二) 过氧化物漂白的影响因素

1. pH值

一般认为以漂白开始pH10.5～11.0，终点pH 值降至 9.0～9.5较合适。

2. 温度

提高温度可增加HOO^-，对漂白有利。一般温度为40～60℃，但温度过高时白度下降。

表9-3-19 温度与HOO^-的关系

温度(℃)	$K=\frac{[H^+]\ [HOO^-]}{[H_2O_2]}$
15	1.39×10^{-12}
20	1.78×10^{-12}
25	2.24×10^{-12}
35	3.55×10^{-12}
80	20×10^{-12}

由此可见，过氧化物较合适的漂白条件是pH10.5，温度

60℃，这与碱处理的条件相同。

在漂白流程中可用 DPD代替DED，前者兼有过氧化物漂白和碱处理的双重作用。

（三）影响过氧化物分解的因素

过氧化氢按下式分解：

$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$，从而失去漂白效应。

影响过氧化物分解的因素有：

（1）有重金属离子如铜、铁、镁、镍等存在时，可加速过氧化物的分解。微量的重金属离子，可以生成不稳定的过氧化物或络合物的过离子，从而加速过氧化氢的分解。

（2）在高碱度下形成的胶态金属氢氧化物，起着催化过氧化物分解的作用。

（3）酶的存在也能催化过氧化物的分解。

（4）在有金属离子存在的情况下，温度愈高过氧化物愈不稳定。温度提高25℃。分解率增加40%。

（5）在相同的金属离子和过氧化物浓度下，pH值提高1.4，过氧化物分解率增长 4 倍。

（四）过氧化物漂白的预处理

为了减少过氧化物的催化分解，纸浆在漂白前应先预处理。预处理通常采用以下方法：

1. 使用螯合剂

（1）加DTPA(二乙撑三胺五醋酸)：用量0.2～0.4%(对绝干浆)，在微酸性条件下(pH～4)处理10分钟，除去锰离子效果最好。

（2）加EDTA(乙二胺四醋酸)：条件同上。

2. 酸化

H_2SO_4用量1.5%(对绝干浆)，pH2～3，处理5～10分钟，纸

浆浓度1～5%，处理后洗涤。

表9-3-20　　用H_2SO_4和DTPA处理的效果

纸浆种类	未漂浆白度	H_2O_2(100%)用量%(对浆)	白度增值		
			无预处理	H_2SO_4预处理	DTPA预处理
针叶树机械浆	51	1.0	8.7	14.4	
针叶树机械浆	52	1.0	9.6	11.6	
山松机械浆	60	1.0	0	10.2	0
黄国云杉机械浆	65	1.0	—	7.9	10.1
白杨机械浆	71	1.0	11.0	11.8	11.0
桉树半化学机械浆	43	1.0	—	17.4	11.8
白杨化学机械浆	60	1.0	10.8	13.1	—

3．使用氯水或次氯酸盐

用相当于0.5%有效氯的氯水或次氯酸盐漂液，pH7～8。

4．使用碱土金属氯化物

纸浆浓度3.5%，30℃时用$CaCl_2$溶液(1.45克/升)预处理10分钟，再用$H_2O_2$4%(对浆)、$Na_2SiO_3$3%，$MgSO_4$ 0.05%，在40℃下漂白预热木片磨木浆(TMP)，纸浆白度为80.2度(如不用$CaCl_2$预处理白度仅71.3度)。

(五) 过氧化物漂白剂的互换性

常见的过氧化物有H_2O_2和Na_2O_2两种。H_2O_2酸性太强，漂白时必须加碱调节pH值，而Na_2O_2碱性太强，漂白时必须加酸调节pH值。从下式可以看出作为漂白剂，H_2O_2和Na_2O_2是可以互换的：

$$2Na_2O_2 + 4H_2O \longrightarrow 4NaOH + 2H_2O_2$$

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

1公斤96%的Na_2O_2相当于0.42公斤100%的H_2O_2、19.7%的活性氧和1.0%的NaOH。因此，两者混合使用，只要比例适当，即可不必加酸或碱，其可互换的漂白剂配比如表9-3-21所示。

表9-3-21　　过氧化物漂白时可互换的漂白剂量

药品	化学药品用量		
	过氧化钠法（%）	过氧化氢法（%）	混合法（%）
硫酸镁	0.05	0.05	0.05
硅酸钠(41.6°Bé)	5.00	5.00	5.00
过氧化钠	2.38	—	0.97
硫酸(100%)	1.69	—	—
氢氧化钠	—	1.00	—
过氧化氢(100%)	—	1.00	0.59
总过氧化物(以100%H_2O_2计)	1.00	1.00	1.00
总硫	1.58	1.58	1.58

（六）过氧化物漂白的添加剂

1．硅酸钠(Na_2SiO_3)

起缓冲和稳定作用，能使重金属离子失去反应能力。

2．硫酸镁($MgSO_4$)

能防止由于重金属离子而引起的催化分解。水的硬度在100毫克$CaCO_3$/升以下时才用。

（七）高得率浆的过氧化物漂白

1．白度增值范围

一般白度可提高10度。

2．过氧化物用量

取决于漂白浆的白度，白度随过氧化物的用量而增加，如图9-3-20、9-3-21和9-3-22所示。

3．pH值

pH10.5时漂白时间短，白度高。

(1) 用过氧化物漂白通常需加1～3%的总碱(以NaOH计)，在低温低浓时漂白，碱量应偏高。加碱量对白度的影响见图9-3-

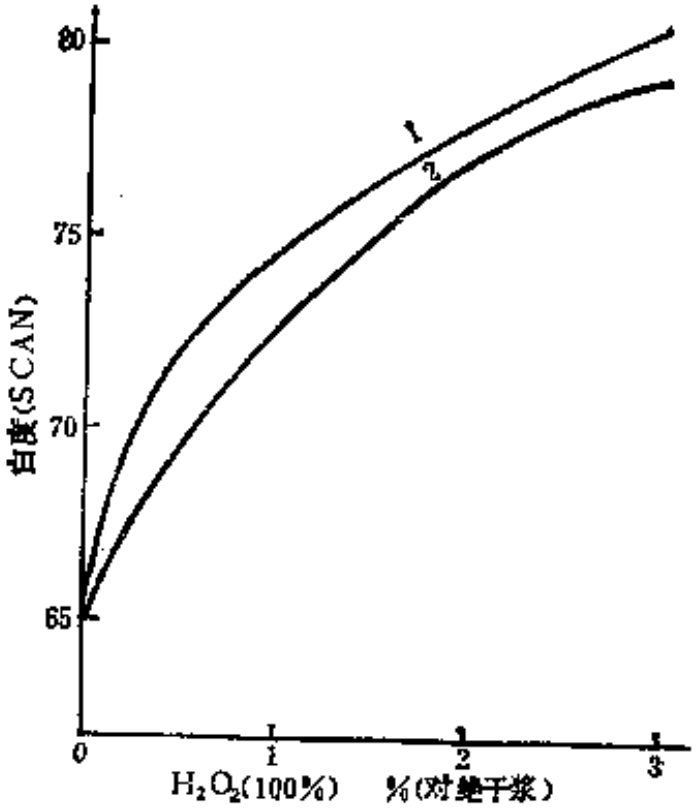


图9-3-20 云杉机械木浆 H_2O_2 用量与白度的关系

1-DTDA预处理

2-用 H_2SO_4 预处理

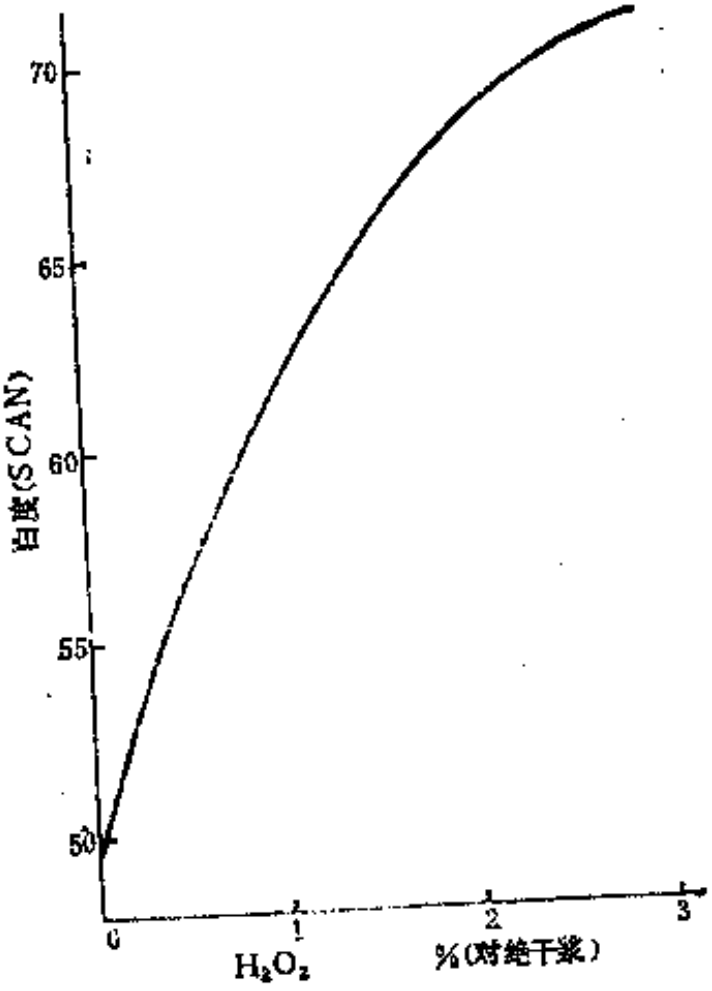


图9-3-21 针叶树机械木浆 H_2O_2 用量与白度的关系

注：用 H_2SO_3 预处理

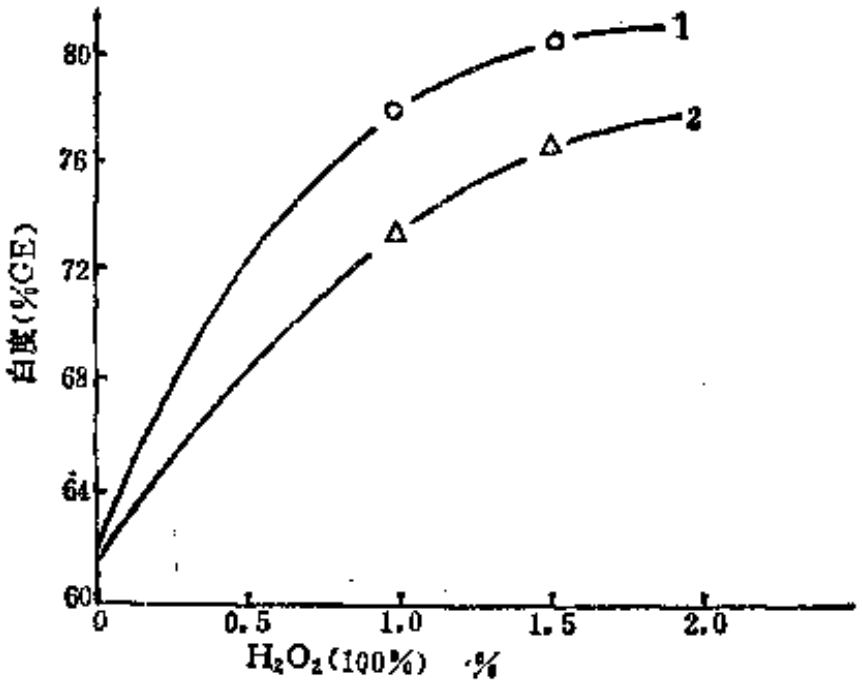


图9-3-22 白杨冷碱浆H_2O_2用量与白度的关系

注：漂前白度61.3GE

1-精磨半化学浆 2-普通半化学浆

23。

(2) 冷碱浆从制浆中带入的碱，基本上符合H_2O_2漂白所需要的碱量。

(3) 磨木浆的H_2O_2漂白：见图9-3-23。

4. 纸浆浓度

在高浓下用H_2O_2漂白，可缩短漂白时间，纸浆白度高，蒸汽消耗少。

(1) 机械木浆的浓度对白度的影响见图9-3-24。

从图9-3-24可以看出，在一定的H_2O_2用量下，浓度越高白度增值越大：

浓度5% 白度增值8.7度

浓度10% 白度增值11.8度

浓度20% 白度增值13.5度

(2) 纸浆浓度、漂白时间和白度增值的关系见表9-3-22。

(3) H_2O_2的高浓浸渍漂白：将H_2O_2漂液漂淋在无毛毯的湿

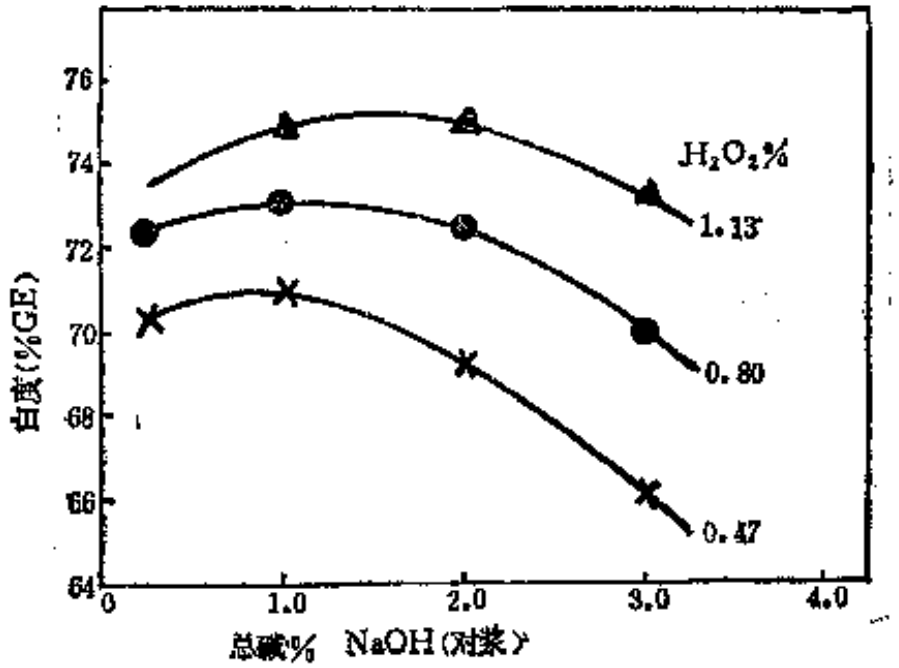


图9-3-23 过氧化物漂白磨木浆时碱量对白度的影响

注：工艺条件：$Na_2SiO_3$6%，浆料浓度10%，58℃，3小时

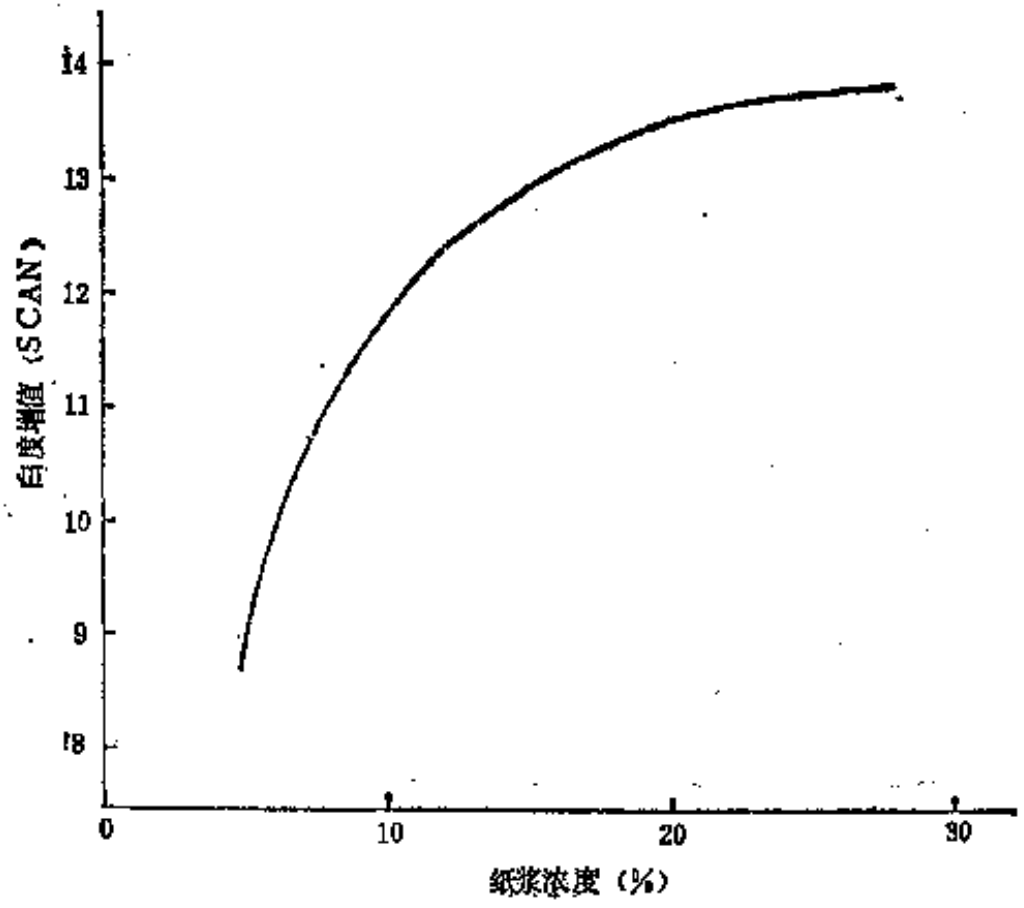


图9-3-24 机械木浆的浓度对白度的影响

注：H_2O_2(100%) 1%(对绝干浆)

表9-3-22　　纸浆浓度、漂白时间和白度增值的关系

纸浆浓度(%)	漂白时间(小时)	白　度　增　值
5	3～4	10.0
12	1～2	11.5
35	0.5	12.5

注：工艺条件：未漂机械木浆白度60度，H_2O_2用量2%，温度37～43℃。

抄机或带压辊的真空浓缩机所形成的高浓度(35～50%)浆页上。然后卷取或切成平板待用，如图9-3-25所示。由于该法温度较低，需保持1～7天的贮存时间。

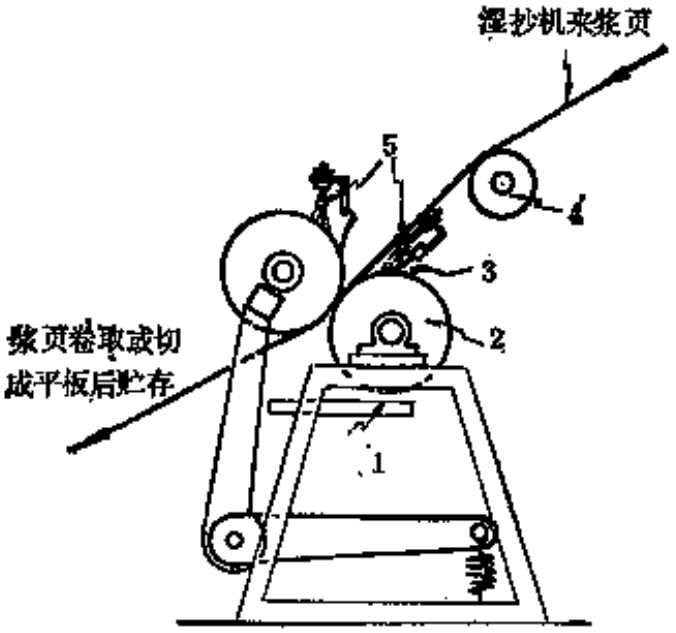


图9-3-25　浸渍漂白

1-盘　2-浸渍辊　3-尼龙刷　4-沟槽辊　5-漂液喷管

5．漂白温度

机械木浆　　40～60℃

冷碱浆　　75～88℃

机械木浆漂白温度、浓度和时间的关系见图9-3-26。

白杨冷碱浆漂白温度、H_2O_2用量和白度的关系见图9-3-27。

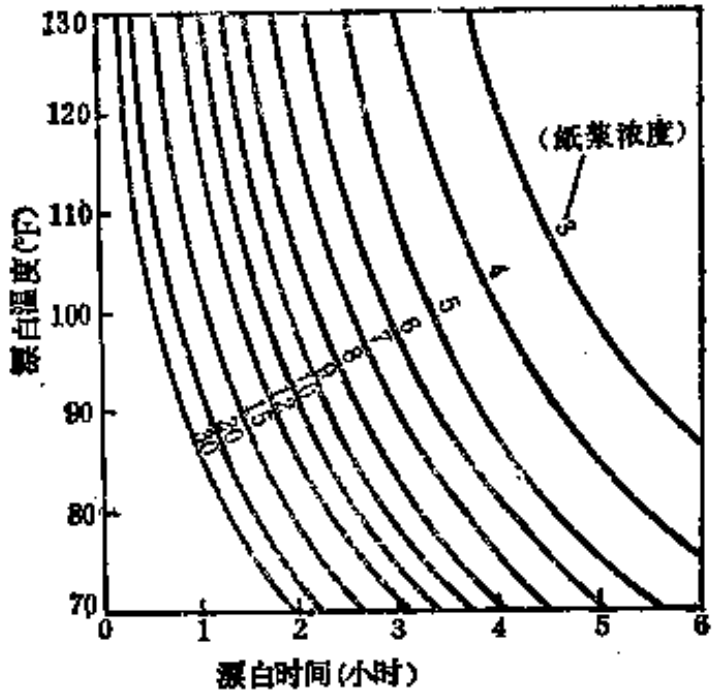


图9-3-26　机械木浆漂白时温度、浓度和时间的关系

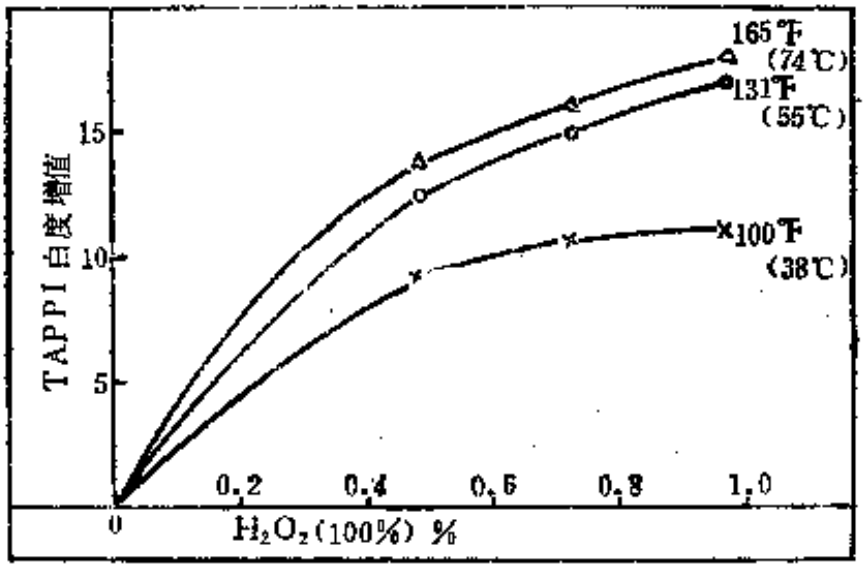


图9-3-27　白杨冷碱浆漂白时温度、H_2O_2用量和白度的关系

6．几种高得率浆漂白实例

(1) 化学磨木浆和木片磨木浆漂白实例见表9-3-23。

(2) 白杨机械木浆冷浸渍漂白实例：

纸浆温度　　35℃

H_2O_2(100%)　　1%(对绝干浆)

表9-3-23　　化学磨木浆和木片磨木浆漂白实例

材　　种	加H_2O_2(100%)(%)	白度	
		漂　前	漂　后
木片冷碱浆已预处理			
北美中西部软碱	0.8	50.5	71
北美东北部桦木	1.25	48	69.8
木片经重亚硫酸钠预处理			
北美东北部白杨	1.25	57.9	72.6
北美西部红松	1.25	30.3	46.3
木片未经预处理			
北美西部铁杉	0.8	38.5	49
北美西部白枞	1.25	50	67

注：漂白条件：纸浆浓度：12%，45～80℃，1.5～2小时

Na_2SiO_3(38°Bé)　　1.5%(对绝干浆)

NaOH　　0.9%(对绝干浆)

最初pH值　　10.5～11

漂前白度　　61度

漂后白度　　76度

(八) 化学浆的过氧化物漂白

在化学浆的多段漂白中，用少量过氧化物(0.2～0.6%)作为终段漂，可以得到性能稳定的纸浆，操作简单，但漂白剂贵，因此用得不多。

一般有四种漂白方法：

(1) 贮存塔浸渍漂白：纸浆浓度12～18%，漂白时间较长，温度可不控制。

(2) 末段塔漂白：在较高的温度和浓度下进行，可以缩短漂白时间。

(3) 浸渍漂白：将过氧化物漂液与高浓浆料混合，在湿状态下，按需要和可能贮存1天至几个月。

(4) 浆板机的浸渍漂白：过氧化物漂液直接加到浆板机进干燥部前的浆页上。

六、连二亚硫酸盐漂白

连二亚硫酸盐为还原性漂白剂，它将本色浆中残余的木素还原后脱色而不是将木素溶出。因此，适用于高得率浆和机械木浆的漂白。

用于漂白的连二亚硫酸盐有ZnS_2O_4和$Na_2S_2O_4$两种。

(一) 漂白特点

(1) 连二亚硫酸盐很不稳定，容易被空气氧化而分解，从药液制备到漂白，应避免与空气混合，漂白剂不宜久存，应在使用前制备。

(2) 经连二亚硫酸盐漂白的纸浆，返黄比较严重，加入螯合剂可以减轻返黄。

(3) 连二亚硫酸盐漂白时，如果处理不当，其分解产物腐蚀性大，对纸机的铜网和毛毯都有损害。

$$2Na_2S_2O_4 + O_2 \longrightarrow 2Na_2S_2O_5$$

$$2Na_2S_2O_4 \longrightarrow Na_2S_2O_3 + Na_2S_2O_5$$

(二) 影响连二亚硫酸盐漂白的因素

1. 连二亚硫酸盐用量

一般为0.2～2.0%(对绝干浆)，用量高到3～4%时，白度提高不多。由于它价格昂贵，以及腐蚀性大，因此大量使用连二亚硫酸盐无实际意义。

2. 纸浆浓度

(1) 一般在3～5%的浓度下漂白。

(2) 把1%的连二亚硫酸盐淋在干度20～60%的浆页上，然

后干燥到65～90%的干度，白度可提高 4 ～11度。

（3）把纸浆浓缩到干度20～50%，并用蒸汽或惰性气体脱除空气后，用预先经多磷酸盐或有机螯合剂（EDTA）处理的连二亚硫酸盐漂白。在连二亚硫酸盐用量为 1 %，纸浆浓度25%，100℃下，只需 5 分钟，就可提高白度11～12度。

3．温度

（1）一般为40～65℃，而实际上在30～90℃范围内均可使用。

（2）ZnS_2O_4较$Na_2S_2O_4$稳定，故ZnS_2O_4漂白温度可稍高。

（3）经多磷酸钠或有机螯合剂处理后，温度可高些。

（4）在通常的浓度和漂白剂用量范围内，温度每升高11～14℃白度可提高 1 度，化学药品用量愈高效果愈显著，见表9-3-24。

表9-3-24　温度与连二亚硫酸锌用量及白度的关系

温度增加(℃)	连二亚硫酸锌(100%)%	白度增值
14	0.2	0.5
14	0.4	1
14	0.6	1.5

4．漂白时间

漂白时间与温度有密切关系。提高温度可缩短时间，如：

40～65℃　　反应时间60分钟

60～75℃　　反应时间30～45分钟

100℃　　反应时间 5 分钟

5．pH值

采用ZnS_2O_4时　　pH4.5～6

采用$Na_2S_2O_4$时　　pH6～8

在漂白过程中，一般pH值下降0.3～1，如果漂白时带入空

气，也会使pH值下降。

6．原料的影响

（1）在正常的情况下，大多数材种的机械木浆用连二亚硫酸盐漂白可提高白度4～7度。但对于黄雪松、红雪松、桉木和山杨浆，漂白效果差，白度甚至下降。

（2）原木贮存时间长短，对连二亚硫酸盐漂白效果影响不大。

（3）用变质原木制得的浆，对连二亚硫酸盐漂白效果影响不大。

7．金属离子的影响

许多金属离子影响连二亚硫酸盐漂白的效果。用以漂白铁杉机械木浆时，金属离子的影响如下：

无阳离子存在时白度可提高7.7度。

含12ppm亚铁离子时白度提高 6 度。

含12ppm铜离子时白度提高4.2度。

上例如用三聚磷酸盐处理，白度可分别提高10.5、10.3、9.1度。

生产中普遍采用0.5%三聚磷酸盐处理，白度可提高1～3度。

（三）连二亚硫酸盐的漂白方法

1．在磨木机浆坑出口加漂白剂

这是最早的方法，比较简单。把ZnS_2O_4加到从磨木机浆坑流出来的浆里，可利用磨木浆的高温(70～80℃)。该法缺点是混合不好，反应时间不一，带入的空气多。

2．直接往浆里加亚硫酸和锌粉

实例：用量	Zn0.1%，	SO_2	0.3～0.4%
纸浆浓度			5 %
漂白温度			45℃
处理时间			10分钟
提高白度			6 度

3．用塔漂漂白

ZnS_2O_4用量0.5%时，白度可提高4～7度。

ZnS_2O_4用量1%时，白度可提高6～10度。

4．过氧化物-连二亚硫酸盐两段漂(P-R)

(1) 两段漂可提高白度 10～20 度，机械木浆和半化学浆可漂到70～80度。和单段过氧化物漂白相比，可节约化学药品25%。

(2) R-P法较P-R法效果差。

(3) P段漂白后应调节pH值以满足R段需要。可用SO_2调节。

(4) P-R两段漂白条件见表9-3-25。

(5) P-R两段漂白流程见图9-3-28。

(6) P-R两段漂白实例见表9-3-26。

表9-3-25　　P-R两段漂白条件

	预处理或漂白	药品	药品量%(对浆)	温度(℃)	时间(小时)	浓度(%)	最初pH值	最终pH值
预处理	DTPA	DTPA 40%	0.2～0.4	常温	1/6	1～5	4～8	4～8
	H_2SO_4	$H_2SO_4$100%	1.5	常温	1/6～1/12	1～5	2～3	2～3
漂白	P	H_2O_2(100%)	1～2	40～60	1～4	3～3.5	10.5～11	>8.5
		NaOH(100%)	1～2	—	—	—	—	—
		Na_2SiO_3(38°B_e')	3～5	—	—	—	—	—
		$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.05	—	—	—	—	—
段	R	$Na_2S_2O_4$(100%)	0.5～1	60	1	3～5	6～7	6～7
		$Na_5P_3O_{10}$(100%)	0.5					

表9-3-26　　机械木浆的P-R两段漂白实例

木材种类	漂白处理方法	白度(%)
云杉	原浆	58.4
	2%Na_2O_2	68.4
	1%ZnS_2O_4	69.5
	2%Na_2O_2 + 1%ZnS_2O_4	74.5

续表

木材种类	漂白处理方法	度白(%)
杨木	原浆	67.5
	2.2%Na_2O_2	75
	1%$Na_2S_2O_4$	77
	2.2%Na_2O_2 + 1%$Na_2S_2O_4$	82
60%云杉 + 40%白杨	原浆	62
	1.8%Na_2O_2	70.5
	1%ZnS_2O_4	74.5
	1.8%Na_2O_2 + 1%ZnS_2O_4	77.5
南方松	原浆	66.3
	2% Na_2O_2	65.6
	1%$Na_2S_2O_4$	65.5
	2%Na_2O_2 + 1%$Na_2S_2O_4$	71.5
	1%$Na_2S_2O_4$ + 2%Na_2O_2	68.0

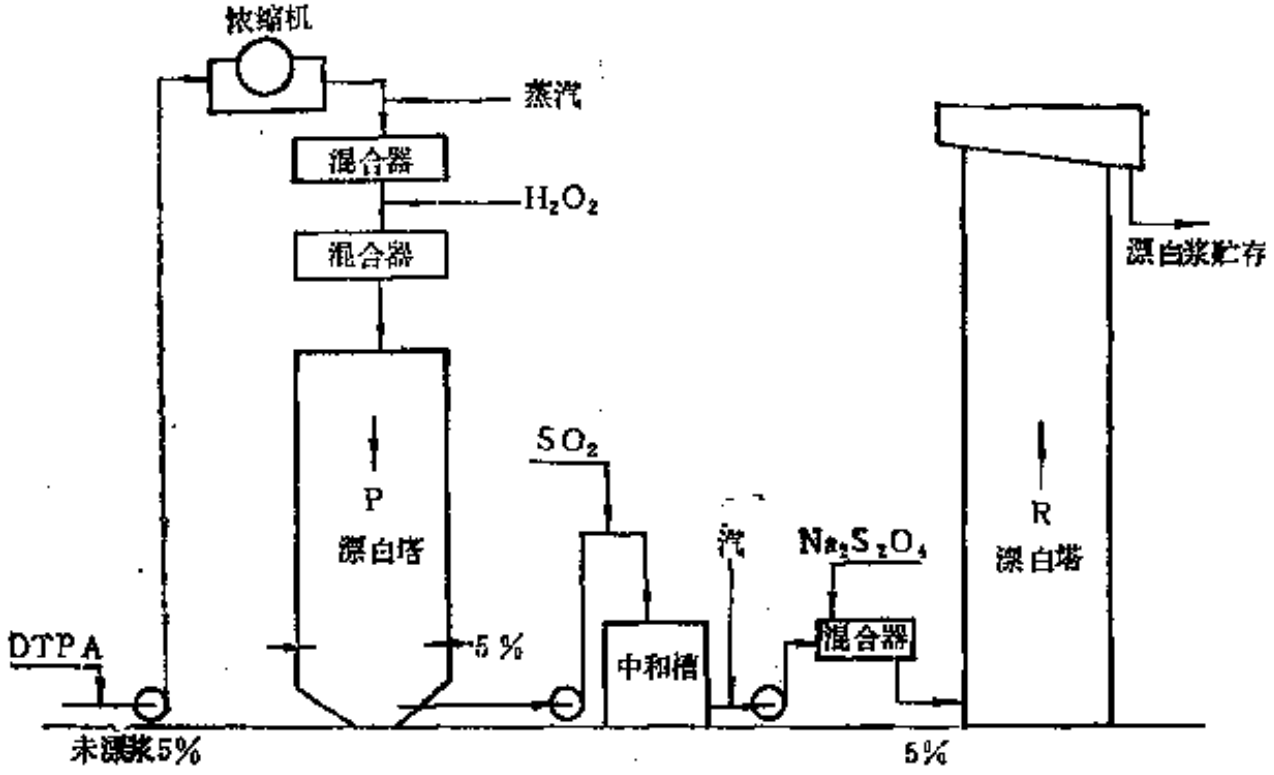


图9-3-28 P-R两段漂流程

七．硼氢化钠漂白

硼氢化钠($NaBH_4$)为还原性漂白剂，还原能力强。理论上，1分子$NaBH_4$相当于8个氢的还原能力。但它会分解，因此实际还原能力低于8。pH值愈低分解愈快。

$$NaBH_4 + 2NaOH + H_2O \longrightarrow Na_3BO_3 + 4H_2$$

$NaBH_4$价格贵，商品$NaBH_4$存放在碱性水溶液中。

（一）漂白特点

漂后化学浆具有非常好的稳定性能，它将羰基还原为醇基，减少了纸浆的返黄。

在抄造需要长期保存而不返黄的高级纸张时，用0.1～0.5%$NaBH_4$处理效果好。

$NaBH_4$价格昂贵，对一般纸浆的漂白无多大意义。

（二）漂白条件

与H_2O_2漂白条件相似，pH10～10.5，漂后温度较高。

（三）漂白效果

用1%$NaBH_4$漂白磨木浆可提高白度8度；用1～2%$NaBH_4$漂白冷碱法浆可提高白度20度；用0.2%$NaBH_4$漂白阔叶木硫酸盐浆，可提高白度7度。

八、氧碱漂白

（一）概　　述

（1）氧碱漂白实际上是氧和碱对粗浆进行脱木素的过程。本

色浆经氧碱漂白后色度有所改善，但仍呈黄色。

（2）氧碱漂白具有成本低、污染少、纸浆白度稳定、容易打浆等优点。缺点是动力消耗高，结构复杂，投资大，难于掌握。氧碱漂白只能代替传统多段漂中的氯化、碱处理两段，或氯化、碱处理和次聚酸盐漂三段。

（3）氧碱漂段的洗涤水可全部回用。如果洗涤水不回用，整个漂白系统中废水的BOD和COD比一般氯化的高，这是因为氧碱段所抽提出的有机物比氯化段多，见表9-3-27。

表9-3-27　　传统多段漂与氧碱漂废水负荷比较

漂白流程	废水负荷（公斤/吨）						
	颜色	BOD	COD	氯化物	总固体物	总挥发性固体物	总固定固体物
CEHDED	167	15.9	50	104	260	142	117
OCEDED	109	21.8	84.4	74.2	370	197	172
OCEDED（氧段废水循环）	25.5	10.9	19.6*	61	176	106	69
废水负荷减少（对CEDED）	85%	31%	61%	40%	32%	25%	40%

氧碱漂可降低用水量，如传统用水量为80米^3/吨浆，氧碱漂用水量可降至20米^3/吨浆左右。浆节约氯50%。氧碱漂的洗涤水可送往粗浆洗涤工段使用，脱木素作用一般可达50%。

氧碱漂的一些经验数据：

（1）氧碱漂段的耗氧量：卡伯值每降低10，每吨浆约耗氧1公斤。

（2）氧碱漂段氢氧化钠消耗量：卡伯值每降低1，每吨浆约耗碱1公斤。

氧气纯度要求达99.9%。

某厂工艺条件如下：

温度　　105～115℃　　平均110℃

浆料浓度　　9～12%　　平均8%

工作压力　　5公斤/厘米^2

停留时间　　30～40分钟

（4）在碱性条件下，氧与木素作用，同时也和纤维素作用。在纸浆中添加保护剂可减轻或防止纤维素的氧化，见图9-3-29°常用的保护剂是一些镁盐(如MgO，$Mg(OH)_2$，$MgSO_4$，$MgCl_2$等)和镁的络合物(如葡糖酸镁、草酸镁等)。其中以镁的络合物效果较好，见图9-3-30。氧碱漂前纸浆经亚硫酸或硫酸预处理也可提高纸浆的强度和白度。

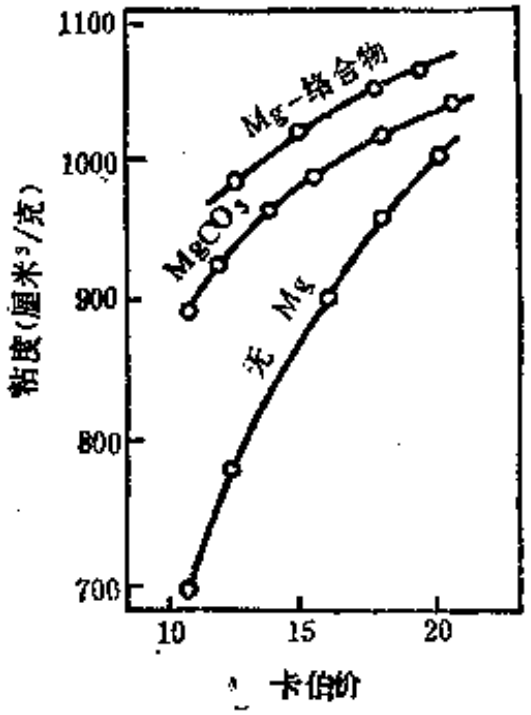


图9-3-29　氧碱漂浆卡伯值与粘度的关系

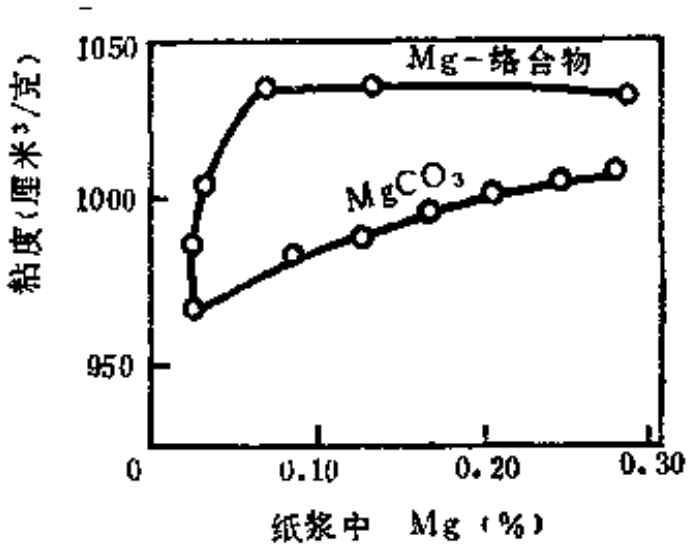


图9-3-30　不同的镁保护剂效果比较

（5）氯化后的浆经氧碱漂后木素含量比用碱处理过的浆纸，白度也高，见图9-3-31、9-3-32。

（6）氧碱漂段数与白度的关系见表9-3-28。

（二）漂白方法

氧碱漂白的方法有Saporal法和MoDo—Cil法两种，其生产

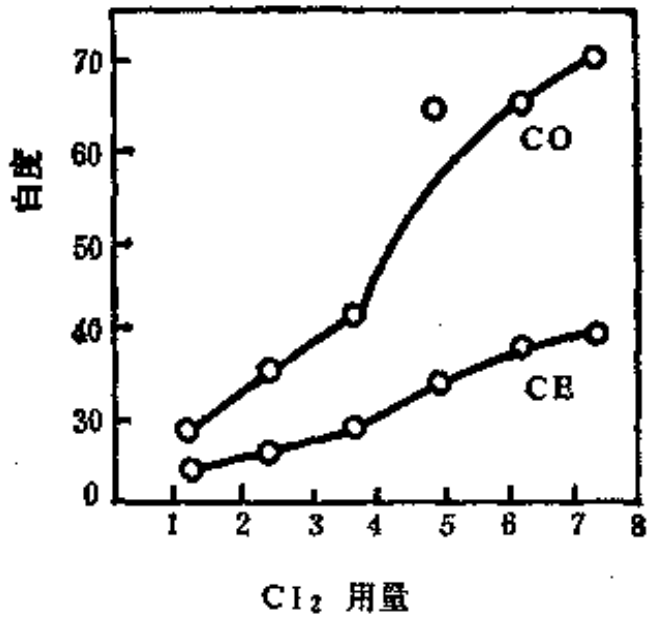


图9-3-31　氯化后的浆用氧碱漂和经碱处理对白度的影响

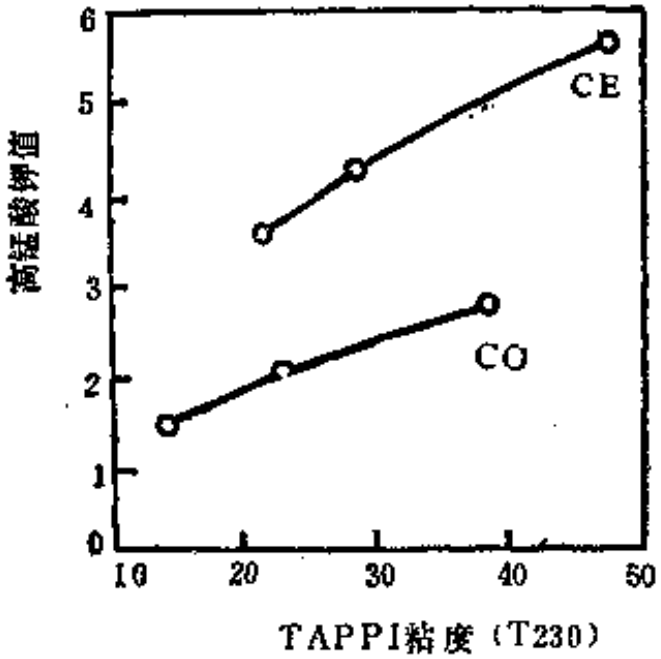


图9-3-32　氯化后的浆用氧碱漂和经碱处理脱木素效果比较

流程相似，仅反应器型式及工艺条件不同，见表9-3-29。

（三）漂白流程

氧碱漂白流程见图9-3-33及9-3-34。

表9-3-28　　松木硫酸盐浆氧碱漂段数与白度的关系

要求白度	40～50	50～60	50～65	50～65	70～80	75～85
漂白段数	O	OD	CO	OH	OCEH	OC/DH
要求白度	80～85	80～90	80～90	90～93	90～93	
漂白段数	ODED	COD	OCED	CODED	OC/DEDED	

表9-3-29　　Sapoxat法和MoDo-Cil法的漂白条件

漂白条件	SaPoxal法	MoDo-Cil法
纸浆浓度（%）	17～25	25～30
NaOH（%对浆）	2～7	2～5
镁　盐（%对浆）	0.3～0.5(以MgO计)	>0.05(以Mg^{++}计)
氧的压力（公斤/厘米²）	6～12	4～8
温　度（℃）	90～130	95～120
时　间（分）	25～60	60以下

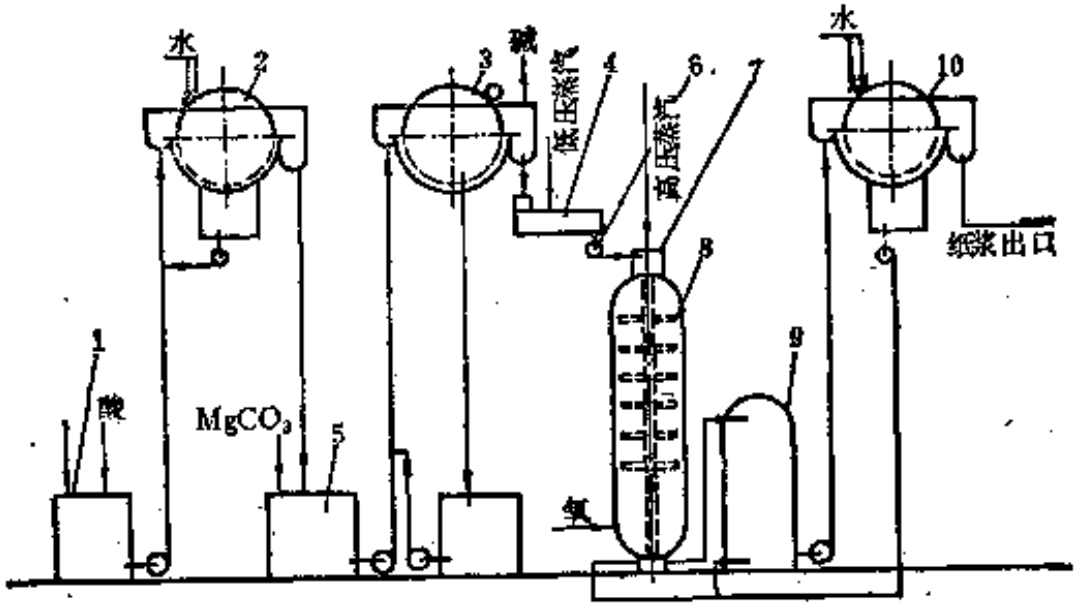


图9-3-33　EnstraT Sapoxal法氧碱漂流程

1—未漂浆池　2,10—洗浆机　3—浓缩机　4—蒸汽混和器
5—混合池　6—高浓泵　7—纤维分碎机　8—反应塔
9—喷放锅

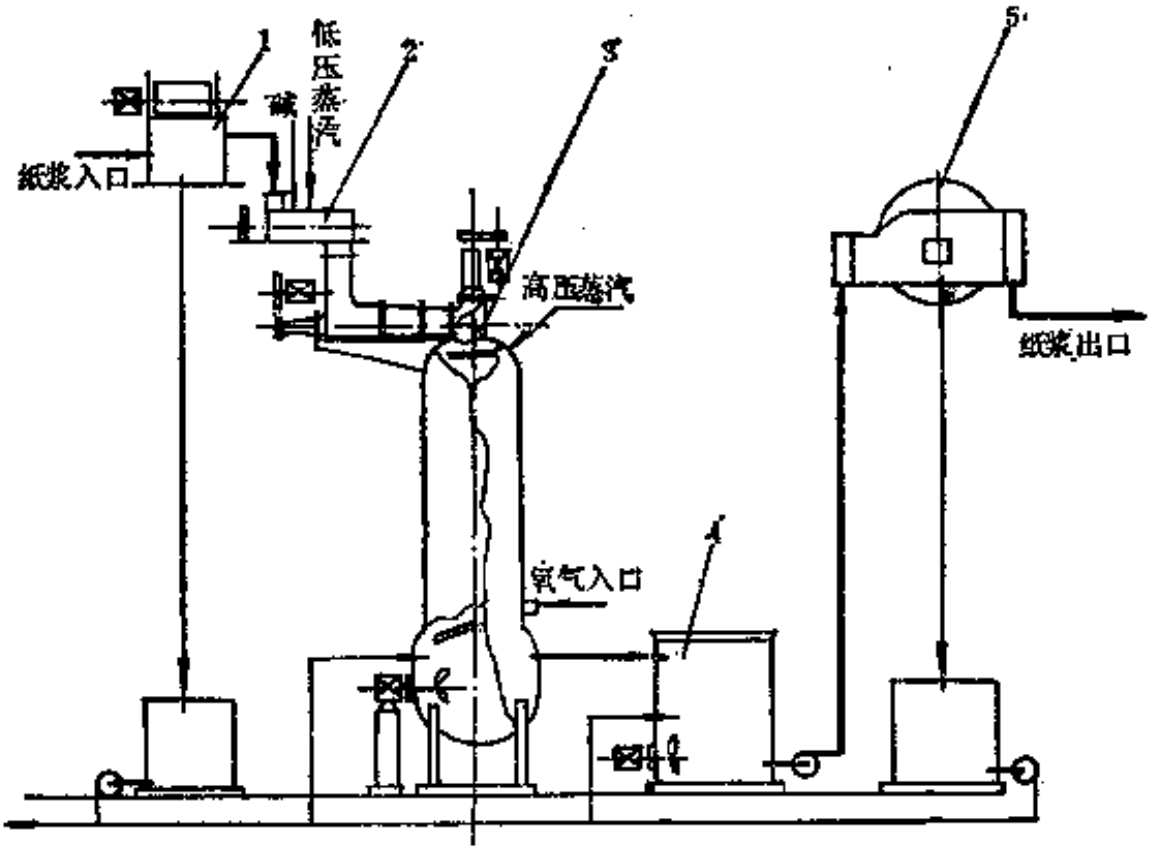


图9-3-34　MoDo-Cil法氧碱漂流程

1—桑兹圆网浓缩机　2—单辊混合器　3—氧漂塔　4—喷放罐　5—洗浆机

（四）影响漂白的因素

1．用碱量

提高NaOH用量可加速脱木素，增加白度。但得率和粘度随之降低。用碱量应根据浆种及氧碱漂的其他条件而定。避免用过量的碱，一般应在2～5%之间。

2．反应温度

提高反应温度可加速脱木素过程，增加白度，但碱耗增大，并降低纸浆的得率和粘度，一般温度以95～130℃较适合。

3．纸浆浓度

提高纸浆浓度可加速脱木素反应，提高纸浆白度，因此可相应降低化学药品用量。采用SaPoxal反应器，浆浓为17～25%；前采用MoDo-Cil反应器，浆浓可达25～30%。挪威莫斯工厂

氧碱漂反应器的浆浓为8%，用碱量比高浓时大50%，氧耗差不多。

4．氧气压力

只要反应时保持足够的氧压，则用氧量无多大影响，一般生产时在6～12公斤/厘米^2压力下耗氧量约2%。

利用空气也能漂白，但压力要加大到25～60公斤/厘米^2。

5．反应时间

大部分氧化反应可在30分钟内完成，延长时间作用不大。

九、置换漂白

（一）概　　述

（1）传统的多段漂白时间长，消耗的水量和热量大，设备多，占地面积大。针对这些缺点，置换漂白将多段漂白和洗涤合在一个塔内，既缩短了漂白时间，又节省水和蒸汽，但设备复杂。

（2）置换漂白的原理是将漂白剂迅速通过高浓浆层而将其中的液体置换出来，由于漂白剂浓度高，所以反应时间短，纤维损伤少。

（3）每段置换漂白和洗涤的时间一般为10～15分钟。

（二）置换漂白与传统漂白的比较

见表9-3-30。

（三）置换漂白塔

置换漂白塔是采用置换洗浆机的原理设计的。早期的置换漂白塔有四个置换区，每区有两种筛环，可供EDED或其它流程的四段漂使用，其流程见图9-3-35。

如图9-3-35所示，经氯化的浆，从底部进入置换漂白塔，并往上移动。在每一置换区，通过中空的中央转轴和喷嘴，向浆层

表9-3-30　CEDED五段漂的传统漂白与置换漂白对比

	置换漂白	传统漂白
处理纸浆种类	97%阔叶木	55%阔叶木
原浆高锰酸钾值	13	16
原浆粘度	12	15
来浆浓度　(%)	3	3
产　　量　(吨/日)	350	400
白　　度　(%)	87	87
pH值	6.3	6.3
处理时间　(分)	154	220
漂白浆粘度(厘泊)	5.5	8.5
电动机装见量(千瓦)	1630	2100
实际需要电动机容量(千瓦)	970(2.76千瓦/吨)	1530(3.8千瓦/吨)
电耗(千瓦小时/吨风干浆)	66	92
汽耗(公斤/吨风干浆)	375	680
耗水量(米³/吨风干浆)	14	72
占地面积	0.25	1

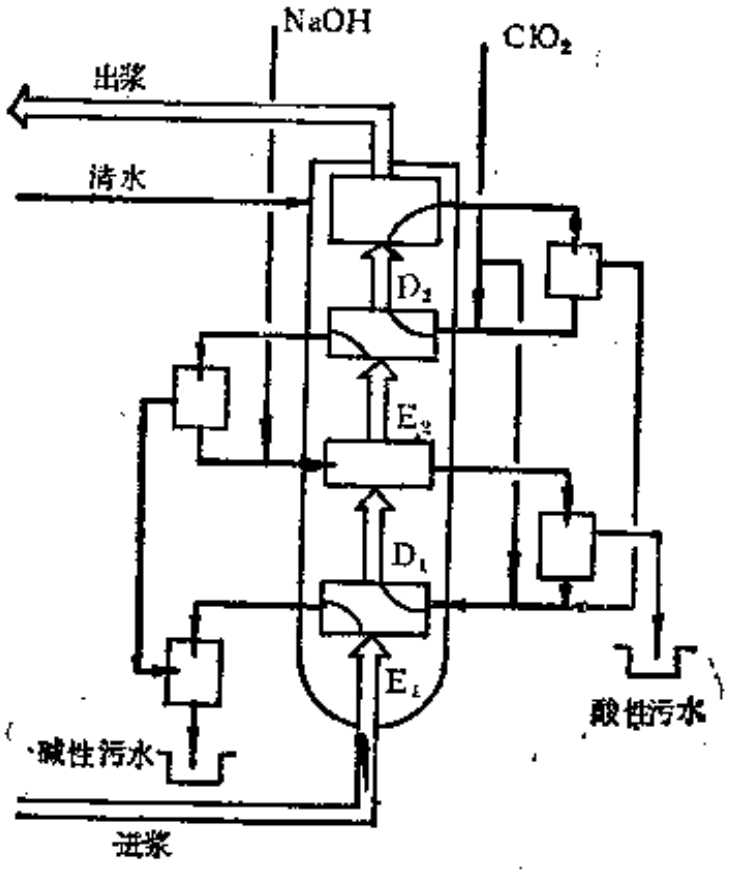


图9-3-35　置换漂白流程

喷淋高浓漂白剂。浆层大约以每分钟15厘米的速度从下向上移动，而喷嘴在浆层表面以每分钟1转左右的速度旋转。由于漂白剂与纸浆接触的时间较短，排出的废液中还含有较多的剩余漂白剂，因此必须回收，并补充新的漂白剂，使之达到要求的浓度，在送回置换区使用。少量废液排入地沟，以维持系统平衡。这样可保证漂白剂浓度基本不变，而且排污量少。

每段漂白时间10～15分。由于取消了中间洗涤，回且大量回收漂白废液，排污量可降至9米^3/吨浆，相当于五段漂排污量的五分之一。

新的置换漂白系统，包括氯化段在内的五段漂可在一个塔内完成，如图9-3-36所示。其工艺条件如表9-3-31所示。

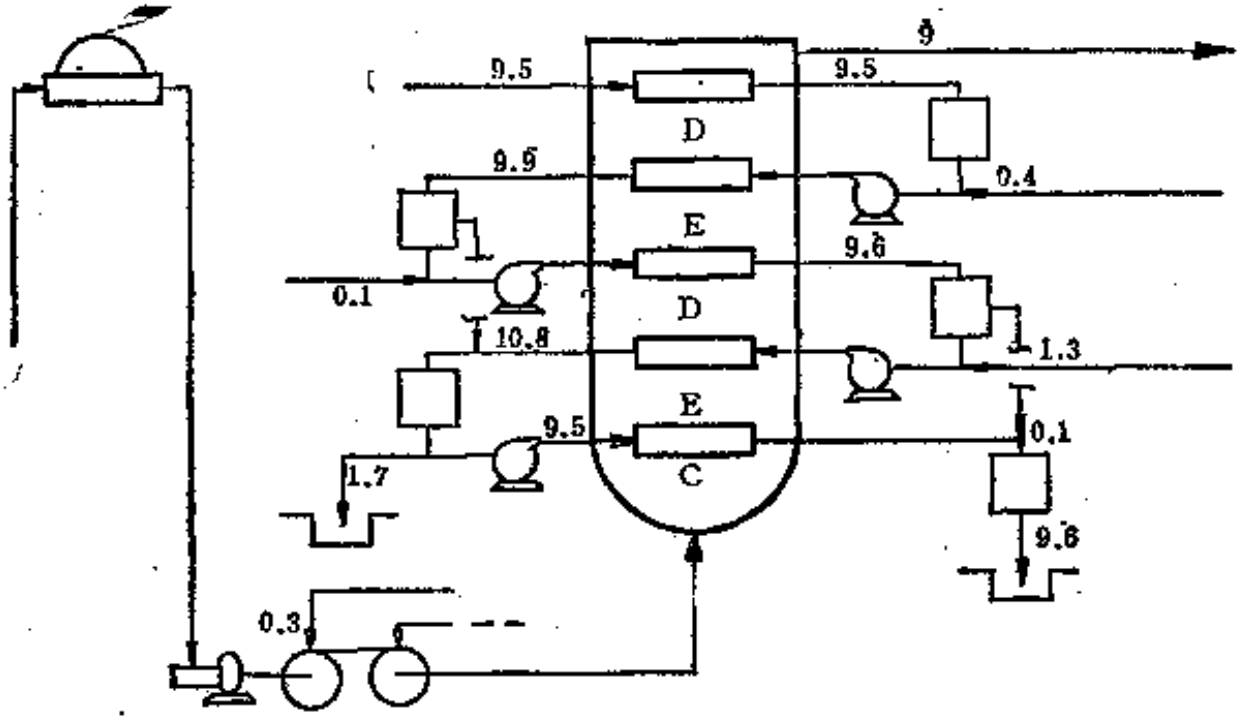


图9-3-36　典型的五段置换漂白流程
数字指每吨浆的液量(吨)

白度要求在90%以上的浆，最后的二氧化氯段仍应采用传统漂塔较好，以便延长停留时间。

表9-3-31　　五段置换漂白工艺条件

漂白段	温度(℃)	浓度(%)	停留时间(分)	化学药品用量(公斤/吨浆)	残　氯(克/升)	抽出液pH值
C	55	10	40	36	微量	1.5
E_1	60	10	22	26	—	9
H	57	10	26	17	0.2	9.5
E_2	65	10	23	2.5	0.2	8.5
D	69	10	50	3.2	0.2	4.5

注：此系日本王子公司的Kamgr五段置换漂白条件。

原浆：硫酸盐混合硬木浆，高锰酸钾值13，漂后白度85(Hunter法)

十、 纸浆漂白流程

(一) 亚硫酸盐木浆的漂白

1. 概述

在蒸煮过程中，木材纤维内部和纤维间的木素受到破坏，其中大部分已溶解，残留在浆中的木素也已经磺化。磺化木素在氯化过程中被溶解，所以亚硫酸盐浆容易漂白，未漂浆白度也高。

(1) 漂白所需有效氯：漂白所需有效氯为4～8%。主要取决于未漂浆的硬度和所采用的漂白段数和程序。

(2) 不同漂段纸浆可达到的白度：

① H单段和H-H两段漂：75～80度。

目前该法很少用，多数为CEH所代替，H-H两段漂较H单段漂，可节省15～20%有效氯。H-H两段漂有效氯的分配如下：

H_1　65～75%

H_2　25～35%

② H-P两段漂：81～83度。

H段称预漂段，低浓，P段高浓。两段中间可不洗涤。随着H_2O_2制备方法的改进，成本降低，可预见以H_2O_2漂白纸浆将日趋

广泛。

③ CEH：　84～87度。

CEH三段漂已有五十多年历史，目前仍在使用。

④ CEH_1H_2　85～87度

⑤ CEHD、$CEDH_1$　88～92度。

这两种漂白段序的缺点是：每段所用漂剂都不同，制漂设备多，生产管理较麻烦。

CEDH 适于溶解浆的漂白，通过H段调节聚合度(D．P)。采用此流程，D段升流，H段降流，中同可不洗涤，以省去耐ClO_2腐蚀的洗浆机，出口段浆料需冷却。

⑥ CEDED五段漂：适于生产高白度、高强度的商品浆。

2．各种漂白段序示例

(1) H单段漂：

原料	针叶树亚硫酸盐浆
未漂浆硬度	卡伯值14.5
$Ca(OCL)_2$用量(有效氯)	5.9%(对绝干浆)
纸浆浓度	6 %
pH值	用2.25%NaOH调至终点 pH9
温度	50℃
时间	4 小时
漂后浆白度	80.3度

(2) H—P两段漂：

H段：

用氯量	3～4 %
纸浆浓度	3 %
温度	常温
时间	60分

P段：

H_2O_2用量(浓度以5 %计)	1～1.5%

纸浆浓度　　25%

温度　　50℃

时间　　3～4时

漂后用SO_2处理：

漂白损失　　4.4%

漂后浆白度：　　81～83度

(3) CEH漂：见表9－3－32。

表9-3-32　　针叶树亚硫酸盐浆的漂白

原料　　针叶树亚硫酸盐浆

未漂浆硬度　　卡伯值10

漂后浆白度　　84度

序号	漂段	漂白剂用量(%)	纸浆浓度(%)	温度(℃)	停留时间(分)	终点pH值
1	C	Cl_2：2.5	3	常温	45～60	1.7～2
2	E	NaOH：1.5	8～10	60	60	
3	H	有效氯：0.5 NaOH：0.3	10	35～38	60	9.9

(4) CEHD 漂白：见表9－3－33。

表9--3-33　　亚硫酸盐浆CEHD漂白

序号	材种	C段		E段		H段		D段	
		漂白剂(%)	白度(GE)	药剂(%)	白度(GE)	有效氯(%)	白度(GE)	漂白剂(%)	白度(GE)
1	针叶木	2.6	50.9	1.0	60.3	0.5	82.7	0.3	92.9
2	阔叶木	1.8	53.8	1.0	61.9	0.7	83.7	0.3	94.3

(5) 在四段漂中采用次氯酸钠和二氧化氯漂白亚硫酸盐浆示例：见表9－3－34。

表9-3-34　　亚硫酸盐浆的NaOCl和ClO_2漂白

序号	Cl_2 (%)	NaOH (%)	ClO_2 (%)	NaOCl (%)（以有效氯表示）	ClO_2 (%)	末段终点pH值	末段残留物(%)	白度 老化前	白度 老化后	返色值(P.C)	粘度(厘泊)	7.14%热NaOH溶解物
1	3.0	2.0	—	—	—	—	0.14	—	—	—	—	—
2	3.0	2.0	—	—	—	11.0	—	67.6	65.6	1.26	33.1	19.6
3	3.0	2.0	0.5	—	—	4.0	0.04	89.6	81	1.62	33.2	20.0
4	3.0	2.0	0.5	0.5	—	10.5	0.16	91.5	82.4	1.49	28.2	16.1
5	3.0	2.0	0.5	1.0	—	11.0	0.41	91.8	81.6	1.71	25	15.2
6	3.0	2.0	0.5	1.5	—	11.0	0.69	91.8	81.7	1.68	22.6	15.0
7	3.0	2.0	—	1.0	—	8.8	0.24	86.1	76.9	2.35	19	18.0
8	3.0	2.0	—	1.0	0.3	7.7	0.05	91.5	81	1.83	16.9	18.5
9	3.0	2.0	—	1.0	0.5	7.6	0.06	92.1	80.9	1.92	15.7	19.1
10	3.0	2.0	—	1.0	0.5	7.7	0.08	92.2	81.3	1.82	15.2	19.8

（二）硫酸盐木浆的漂白

1. 概述

在硫酸盐法蒸煮条件下，残留木素均匀地分布在细胞壁各层内，同时由于含硫化合物的存在，故硫酸盐浆难于漂白，而且，未漂浆白度低(10～30度)，所以，漂白硫酸盐浆比亚硫酸盐浆需要较多的化学药品，漂白段数也多。

过去硫酸盐浆只能制本色浆和半漂浆，由于ClO_2的使用和多段漂技术的发展，现在硫酸盐浆可漂至90GE的白度，并保持良好的物理强度。

(1) 漂白所需有效氯

漂白所需有效氯为5～11%，主要取决于未漂浆的硬度和所采用的漂白段序。

(2) 不同漂段能达到的白度

① C-E-H：　68～72度

② CEHH、CED、HCEH：75～80度

③ CHEH、CEHEH
CED、CEHD } 80～85度

④ CEHD、CHED
CEDED、CEHDP } 85～90度

⑤ CEHEDP； >90度

2、各种漂白段序系列

(1) CEH和CED 漂白示例见表 9－3－35。

表9-3-35　　硫酸盐浆的CEH和CED漂白

序号	段序	C			E			H或D			白度
		Cl_2（公斤/吨浆）	温度（℃）	时间（分）	NaOH（公斤/吨浆）	温度（℃）	时间（分）	Cl_2，ClO_2（公斤/吨浆）	温度（℃）	时间（分）	
1	CEH	59～73	工厂水温	30～60	23～32	60～70	60～120	9～14	30～35	150	68～72
2	CED	59～73	工厂水温	30～60	27～36	60～70	60～120	9～14	70～75	180	72～80

(2) $CE_1H_1E_2H_2$五段漂示例：

原料　　针叶树硫酸盐浆

未漂浆硬度　　卡伯值18

总有效氯用量　　8％

C段用氯量(有效氯)　　4.5％

H_1段用氯量(有效氯)　　2.5％

H_2段用氯量(有效氯)　　1％

E_1段NaOH用量　　2.8％

E_2段NaOH用量　　0.5％

漂后浆白度　　82度

采用上述漂段，H_1是关键性漂段，温度为38℃，停留时间1.5小时，终点pH值约9，漂后白度控制在此成浆白度低8～10度。在H_2段如有效氯用量不超过0.45％，条件温和，在这种

条件下白度可达82～84度，虽不用ClO_2漂，漂后浆的物理强度仅下降5～7%。

(3) CEHED漂白示例

原料	阔叶树硫酸盐浆
未漂浆硬度	卡伯值10
总有效氯用量	4.6%
C段用氯量	2.75%
H段有效氯用量	0.8%
D段ClO_2用量	0.4%
漂后浆白度	87.2度

(4) CEDED 漂白示例：见表9-3-36。

采用该漂白段序可将针叶树硫酸盐浆漂至90度，50°SR时裂

表9-3-36　　硫酸盐浆的CEDED漂白

序号	漂段	漂白剂用量(公斤/吨风干浆)	纸浆浓度(%)	温度(℃)	停留时间(小时)	终点pH值	白度
1	C	54～59	3～4	工厂水温	0.5～1	1.0～1.8	18
2	E	18～27	10～12	71～77	1～2	9～11	—
3	D	4.5～9	12～14	65～73	3～4	3～4	75
4	E	4.5～6.8	10～12	71～77	1～2	7～11	—
5	D	1.8～4.5	12～14	65～73	3～5	3～4	>88

表9-3-37　　针叶树硫酸盐浆的CEDEP漂白

序号	漂段	漂白药剂		纸浆浓度(%)	温度(℃)	停留时间(小时)	终点pH值	白度
		品种	公斤/吨风干浆					
1	C	Cl_2	45.5～50	3～4	工厂水温	1	1.6～2	24～28
2	E	NaOH	13.6～18.1	12～14	60～71	2	9～11	28～30
3	H	$Ca(OCl)_2$	9～11.3	13～15	30～35	2.5	8.5～9.5	60～70
4	D	ClO_2	2.73～3.64	13～15	71～77	5	～4	84～86
5	P	H_2O_2(100%)	0.9～1.8	13～15	71～82	5	9～11	88～90
6	SO_2处理	SO_2	2.47～3.64	13～15	—	—	5～6	88～90

断长可达9500米。目前被公认是典型的漂白流程。

（5）CEDEP 五段漂示例：见表 9－3－37。

（6）CEHDED六段漂示例：见表 9－3－38。

表 9-3-38　　针叶树硫酸盐浆CEHDED漂白

序号	漂段	漂白剂用量（%）	纸浆浓度（%）	温　度（℃）	时　间（小时）	终　点 pH 值	白　度
1	C	4.5～5.5	3～4	工厂水温	1	1.5～2	—
2	E	3～4	9～12	60～70	1	10～11	—
3	H	1～1.3	9～12	35～40	2～3	8.5～9	68～72
4	D	0.3～0.5	9～12	70～80	3～5	5～6	82～84
5	E	1～1.5	9～12	60～70	1	10～11	—
6	D	0.1～0.2	9～12	70～80	3.5	5～6	85～90

（7）阔叶树硫酸盐浆 CEHDED六段漂示例：见表 9－3－39。

表9-3-39　　阔叶树的CEHDED漂白

序号	漂段	漂白剂用量（%）	纸浆浓度（%）	温　度（℃）	时　间（时）	终　点 pH 值	白　度
1	C	2.5～3	3～4	工厂水温	1	1.5～2	—
2	E	2～2.5	11～12	60～70	1	10～11	—
3	H	0.8～1	12～14	35～40	2～3	8.5～9	68～72
4	D	0.2～0.4	12～14	70～80	3～5	5～6	82～84
5	E	0.5～0.8	11～12	60～70	1	10～11	—
6	D	0.1～0.2	12～14	70～80	3～5	5～6	85～90

（三）中性亚硫酸盐半化学浆的漂白

1．概述

中性亚硫酸盐半化学浆与亚硫酸盐浆相似，也容易漂白，但它的制浆得率高，未漂浆中木素含量大，漂白时漂白剂需要量大，例如：硬度为高锰酸钾值50～60的浆，通过 CEH漂，白度可达85～87度，但每漂一吨风干浆需136公斤氯、45公斤氢氧化钠、23公斤石灰。

由于漂白中性亚硫酸盐半化学浆漂白剂用量大，漂白浆得率低，因此漂白费用高。

(1) 漂白所需有效氯：12～20%。

(2) 不同漂段纸浆可达到的白度

HP　　80～85度

CEH　80～87度

CEHP　88～90度

(3) 中性亚硫酸盐半化学浆漂白示例，见表 9－3－40。

表9-3-40　　中性亚硫酸盐半化学浆的漂白

(未漂浆白度44.1度)

序号	漂段	Cl_2用量(%)	NaOH用量(%)	次氯酸盐用量(%)	100% H_2O_2用量(%)	白度		粘度 0.5MCU (Eu)$_2$
						漂后浆	105℃，1小时	
1	HP	—		11	0.38	82.2	78.4	12.6
2	CEH	10.5	2.0	4.5	—	83.7	74.9	9.6
3	CEH	11.6	3.0	1	—	88.4	81	9.7
4	CEHP	11.5	3.0	1.0	0.125	91.5	89.4	7.8
5	CEHP	10	1.5	4.0	0.25	83.8	82.4	12.1

2．中性亚硫酸盐半化学浆漂白的工艺特征

(1) 氯化段用氯量与次氯酸盐漂段用氯量的比例为95:5～65:35，氯化用氯量大，漂后浆物理强度好，反之，可得到较洁净的漂白浆。工厂的经验表明一般以90:10较好。

(2) 要注意碱和氧化性漂白剂对半纤维素的破坏作用，因此，在碱处理时控制pH值不高于11，在次氯酸盐漂时 pH 值不低于10。

(四)碱法蔗渣浆的漂白

1．概述

除髓良好的蔗渣容易漂白，用少量的氯即可漂到80度以上的白度。

(1) 漂白所需有效氯：所需有效氯为 3.5～5 %，取决于未漂浆的硬度和所采用的漂白段序。

(2) 不同漂段可达到的白度：

CEH：　　82～85度

CEHH：　　85～90度

CEHD(普通纸浆)：　　90～91度

CEHD(溶解浆)：　　90～93度

2. 各种漂白段序示例

(1) CEH三段漂示例：见表 9－3－41及 9－3－42。

表 9-3-41　　蔗渣浆的CEH漂白(例1)

序号	漂　段	漂白剂用量(%)	纸浆浓度(%)	温度(℃)	停留时间(时)	终　点 pH 值	残　氯(%)	白　度	得　率(%)
1	C	2.4	3.5	23	1.0	1.7	0.12		
2	E	2.5	10	75	1.5	11.7	—	59/60	
3	H*	1.0	10	38	2.5	8.6	0.21	85/86	94.3

* 用$Ca(OCl)_2$加0.6%NaOH(对未漂绝干浆)缓冲。

表9-3-42　　蔗渣浆的CEH三段漂(例2)

序　号	漂　段	漂白剂用量(%)	纸浆浓度(%)	温　度(℃)	停留时间(时)	终　点 pH 值
1	C	2.3～3.5	3.5	40	1	1.7～2
2	E	1.4～1.9	11.5	60	2	10～11
3	H	1.6	11.5	30	3	8.5～9

注：未漂浆硬度：高锰酸钾值8.5　漂后浆白度：80～83度。

(3) CEHH四段漂示例：见表 9－3－43。

(4)CEHD四段漂示例：见表9-3-44。

（5）以不同漂白段序漂白蔗渣浆的纸浆性质，见表 9－3－45。

表9-3-43　　蔗渣浆的CEHH漂白

序号	漂段	漂白剂用量（%）	纸浆浓度（%）	温度（℃）	停留时间（时）	终点pH值	残氯（%）	白度	得率（%）
1	C	2.4	3.5	23	1.0	1.7	0.12	—	—
2	E	2.5	10	75	1.5	11.7	—	59/60	—
3	H*	0.5	10	38	2.5	8.3	0.06	84	—
4	H*	0.5	10	38	2.5	8.3	0.12	89	94.8

* 用$Ca(OCl)_2$加0.3%NaOH缓冲。

表9-3-44　　蔗渣的CEHD漂白

序号	漂段	漂白剂用量（%）	纸浆浓度（%）	温度（℃）	停留时间（小时）	终点pH值	残氯（%）	白度	得率（%）
1	C	2.4	3.5	23	1.0	1.7	0.12	—	—
2	E	2.5	10	75	1.5	11.7	—	59/60	—
3	H*	0.5	10	38	2.5	8.3	0.06	84	—
4	D	0.3	12	60	2.0	6.7	0.09	90/91	94.5

* 用$Ca(OCl)_2$加0.3%NaOH缓冲。

3．蔗渣原料对漂白的影响

（1）蔗髓表面积大，吸收化学药剂快，漂后浆的白度低，蔗髓对漂白的影响见表 9－3－46。采用干、湿法联合除髓对漂白有利。湿法除髓对漂白的影响见表 9－3－47。

表9-3-45　以不同漂白段序漂白蔗渣浆的纸浆性质

序　号	项　目　名　称	未漂浆	CEH漂	CEHH漂	CEHD漂
1	高锰酸钾值	8.2	—	—	—
2	灰分(%)	1.0	0.34	0.36	0.34
3	粘度(泼泊)	61.5	34.6	36.25	46.6
4	1%NaOH溶出物(%)	5.04	4.6	5.4	4.6
5	铜　价	—	0.04	0.04	0.04
6	初始打浆度(°SR)	18	19	19	20
7	最终打浆度(°SR)	50	50	50	50
8	打浆时间(分)	17	10	10	10
9	克重(克/米^2)	77.6	78.8	76.3	77.8
10	裂断长(米)	7910	6950	8000	8610
11	撕裂度(克)	38	38	38	40
12	耐破度(公斤/厘米^2)	3.95	3.5	3.8	4.35
13	耐破因子	53.5	46.7	52.4	58.8
14	耐折度(双折)(次)	345	470	520	700
15	白度筛后浆得率(%)	47.5	85/86	89	90/91
16	(对除髓绝干蔗渣)	48/50	45.6	45.7	45.5
17	漂白损失	—	6	5.8	6

表9-3-46　　蔗髓对漂白的影响

序　号	含髓率(%) / 项目名称	0	34.07	100
1	有效氯用量(%)	3.88	4.64	7
2	漂后浆白度	82.2	79.2	65
3	回　色　值	0.21	0.74	—

表9-3-47　　湿法除髓对漂白用氯量的影响

序　号	卡伯值	有湿法除髓的用氯量(%)	无湿法除髓用氯量(%)
1	11	3.6	3.9
2	12	3.95	4.3
3	13	4.4	4.95
4	14	4.9	5.55
5	15	5.15	5.8
6	16	5.35	6.0
7	17	5.6	6.25
8	18	6.1	6.95

表9-3-48　　酸渣浆卡伯值与高锰酸钾值的关系

序　号	卡伯值	高锰酸钾值
1	19	12
2	18	11
3	16	10
4	14	8
5	13	7

（五）碱法稻麦草浆的漂白

1.概述

由于碱法稻麦草未漂浆残留木素低而且系开链结构，所以这种浆容易漂白，采用常规的CEH三段漂容易获得中等白度的纸浆。

由于原料收购等条件的限制，稻麦草浆厂的生产规模较木浆厂小，因此常用次氯酸盐两段或三段漂。

（1）漂白所需有效氯：

一般为5～8%，取决于未漂浆的硬度和采用的漂白段序。

（2）各种漂白段序可达到的白度：

H：　　68～70度

HH：　　70～75度

CEH：　　80～83度

CEHD：　86～88度

CEDED　≥90度

2．各种漂白段序示例

(1) 单段(H)漂白示例：

原料	碱法稻草浆
有效氯用量	8%
纸浆浓度	7 %
温度	35℃
时间	4 小时
pH值	终点9.5
漂后浆白度	68度

(2) H-H两段漂示例

原料	碱　法稻草浆	
	H_1	H_2
有效氯用量	4 %	2 %
温度	35℃	35℃
时间	4 小时	1.5小时
漂后浆损失	6 %	
漂后浆白度	70度	

(3) 稻草浆的CEH三段漂示例，见表 9－3－49。

(4) 麦草浆的CEH三段漂示例，见表 9－3－50、 9－3－51。

(5) CEHD 四段漂示例：见表9-3-52。

(6) CEDED五段漂示例：见表9-3-53。

(7) 采用不同漂白段序漂白的碱法麦草浆性质：见表9-3-54。

5．稻麦草浆漂白的工艺特点

(1) 稻麦草浆中含有杂细胞，漂后浆容易返黄，宜采用终点

表9-3-49　　稻草碱法浆的CEH漂白

未漂浆硬度：　　10～12卡伯值

漂后浆白度：　　75～80度

序　号	漂　段	漂白剂用量（%）	纸浆浓度（%）	温　度（℃）	时　间（分）	终　点 pH 值
1	C	2.5	3～3.5	30	45	1.75
2	E	2	10	50	90～120	9～11
3	H*	2	10	30～35	90～120	9

* 加1%NaOH缓冲

表9-3-50　　麦草浆的CEH漂白（例1）

原料　　麦草浆

未漂浆硬度　　8～10卡伯值（蒸煮用碱12～16%Na_2O

漂后用SO_2处理

漂后浆白度　　85

序　号	漂　段	漂白剂用量（%）	纸浆浓度（%）	温　度（℃）	时　间（分）	终　点 pH
1	C	4	3	36	90	1.7～2
2	E	0.9	8.3	38	120	10～11
3	H	2.8	5.9	38	280	—

表9-3-51　　麦草浆的CEH漂白（例2）

序号	漂段	漂白剂用量（%）	纸浆浓度（%）	温度（℃）	停留时间（分）	终点 pH值	残氯（%）	白度	得率（%）
1	C	5	3.5	23	60	1.7	0.3	—	—
2	E	2.5	10	25	90	12.1	—	49	—
3	H*	2	10	38	150	8.3	0.15	≥78	88

** 用$Ca(OCl)_2$加0.6%NaOH缓冲。

表9-3-52　　麦草浆的 CEHD 漂白

序号	漂段	漂白剂用量（%）	纸浆浓度（%）	温度（℃）	时间（小时）	终　点 pH 值	残氯（%）	白度	得率（%）
1	C	5.0	3.6	23	1	1.7	0.3	—	—
2	E	2.5	10	75	1.5	12.1	—	49	—
3	H*	1.0	10	38	2.5	8.3	0.1	—	—
4	D	0.6	12	60	2.0	5.5	0.15	86	88.4

* 用$Ca(OCl)_2$加0.5%NaOH缓冲。

表9-3-53　　麦草浆的 CEDED 漂白

序号	漂段	漂白剂用量(%)	纸浆浓度(%)	温度(℃)	时间(小时)	终点pH值	残氯(%)	白度	得率(%)
1	C	5	3.5	23	1	1.7	0.3	—	
2	E	2.5	10	75	1.5	12.1	—	49	
3	D	0.6	12	60	2	5.4	—	—	
4	E	1.0	10	75	1.5	—	—	—	
5	D	0.5	12	60	2	6.0	0.1	87/88	86

表9-3-54　以不同漂白段序漂白的碱法麦草浆性质

序号	项目名称	未漂浆	CEH漂	CEHD漂	CEED漂
1	高锰酸钾值	12.8	—	—	—
2	灰分(%)	5.0	1.92	1.0	0.89
3	粘度(%)	35.8	15.0	16.2	17.3
4	铜　价	—	0.14	0.09	0.02
5	1%NaOH溶出物(%)	5.3	5.6	5.6	4.4
6	初始打浆度(°SR)	30	32	31	32
7	最终打浆度(°SR)	50	50	50	50
8	打浆时间(分)	4	3	3	3
9	克重(克/米^2)	78.1	77.1	78	80.9
10	裂断长(米)	7550	7280	7470	7720
11	撕裂度(克)	32	28	32	32
12	撕裂因子	43.1	38.2	43.2	41.6
13	耐破度(公斤/厘米^2)	3.1	3.2	3.8	4.3
14	耐破因子	41.7	43.6	51.2	55.9
15	耐折度(双折)(次)	65	40	90	170
16	纸浆白度	37	>80	86	87/88
17	筛后浆得率(对绝干洁净草)(%)	45/46	40/41	41/41.5	39/40
18	漂白损失(%)	—	11/12	10/11	12/14

pH值高的(在9以上)次氯酸盐漂白，可减少返黄，但漂白时间较长。

(2) 蒸煮后的浆料，最好及时洗涤和漂白，长时间存放会使洗涤和漂白产生困难。

(3) 稻麦草浆一般很少打浆甚至可不打浆，在漂白过程中也不宜激烈搅拌。

(六) 碱法苇浆的漂白

1. 概述

与稻麦草浆相似，易于漂白，如果未漂浆硬度不高，用CEH三段漂可漂到中等白度。

(1) 漂白所需有效氯：一般为5～8.5%，取决于未漂浆的硬度和所采取的漂白段序。

(2) 不同漂段可达到的白度：

HH：	70～75度
CEH、CEHH：	80～83度
CEHD：	86～88度

2. 各种漂白段序示例

(1) HH两段漂：

原料	碱法苇浆
未漂浆硬度	高锰酸钾值9～11
有效氯总用量	5～7%
纸浆浓度	7%
温度	35～38℃
时间	3～4小时
pH值(终点)	8.5～9
漂后浆白度	75度

(2) CEH三段漂示例：见表9-3-55。

(3) CEHH四段漂示例：见表9-3-56。

(4) CEHD四段漂示例：见表9-3-57

表9-3-55　　硫酸盐苇浆的CEH三段漂

未漂浆硬度　卡伯值13.4
未漂浆白度　33.6度
漂白损失　4%
漂后浆粘度　52.4厘泊
COD总负荷　29.81公斤/吨风干浆
漂后浆白度　81.5度

序号	漂段	漂白剂用量(%)	纸浆浓度(%)	温度(℃)	终点pH值	时间(分)	氯耗(%)	COD负荷(公斤/吨风干浆)
1	C	2.5	3.5	常温	2.0	45	99	6.34
2	E	1.5	13	50	—	60	70	18.9
3	H	0.75	12	35	8.7	120	90	81.5

注：漂后用SO_2处理。

表9-3-56　　硫酸盐苇浆的CEHH漂白

未漂浆硬度　贝克曼价95～110
漂后浆白度　80度

序号	漂段	漂白剂用量(%)	纸浆浓度(%)	温度(℃)	终点pH值
1	C	4～5	3.5～4	室温	2.5
2	E	1.55	7.5～8	60～62	9～10
3	H	1.5～2(有效氯)	6～6.5	28.30	90～10
4	H	0.5～1(有效氯)	6～6.5	24～26	90～10

表9-3-57　　硫酸盐苇浆的CEHD四段漂

未漂浆硬度　高锰钾值8～12
漂后浆白度　86～88度

序号	漂段	漂白剂用量(%)	纸浆浓度(%)	温度(℃)	时间(小时)	终点pH值
1	C	4～5	3～3.5	常温	1	1～1.7
2	E	2～2.5	10～12	100	1～1.5	10～11
3	H	0.75～1	10～12	30～35	2～2.5	8.5～9
4	D	0.4～0.6	10～12	60～75	2～3	5.5～6

（七）硫酸盐竹浆的漂白

1．概述

竹浆在非木材纤维中是比较难漂白的，高得率竹浆，需要大量有效氯(14～15%)，而且至少要四段漂 (CEHH)才能漂至中等白度。制备全漂硫酸盐竹浆可考虑采用类似硬木浆的漂白段序。

(1) 漂白所需有效氯：一般为10～17%，取决于未漂浆的硬度和所采用的漂白段序。

(2) 各种漂白段序纸浆可达到的白度：

CEH：	75～78度
CEHH：	80～82度
CEHED：	86～88度
CEHEDH，	＞90度
CEHEDH 后用 S_2O 处理：	生产溶解浆

2．各种漂白段序示例

(1) CEH三段漂示例，见表9-3-58。

表9-3-58　　硫酸盐竹浆的CEH漂白

未漂浆硬度　卡伯值26～28

漂后浆白度　≥80度

序　号	漂　段	漂白剂用量 (%)	浆浓度 (%)	温　度 (℃)	终　点 pH	时　间 (分)
1	C	10	3	30～35	1.5	45
2	E	4～6	5	50～60	—	60
3	H	5～7	5	40～45	8～8.5	120～180

(2) CEHH四段漂示例：见表9-3-59

表9-3-59　　硫酸盐竹浆(软浆)的CEHH漂白

未漂浆硬度　　高锰酸钾值11.5
漂后浆白度　　82度

序　号	漂　段	漂白剂用量(%)	纸浆浓度(%)	温　度(℃)	终　点pH 值	时　间(小时)
1	C	3.65	2.5	常　温	1.7～2	1
2	E	1.25	12	35	—	2
3	H	2.15	12	35	—	3
4	H	1.33	5	26～28	—	7

(八) 机械木浆的漂白

1. 概述

在制浆过程中，除木材中的少量水溶物被热水溶解外，未漂机械浆保留了原木中的绝大部分成分，因此机械木浆的漂白不同于化学木浆，漂白剂和漂白条件的选择，应保证木素不被溶解，否则漂损大，失去了机械浆的优越性。

机械木浆常用的漂白剂有H_2O_2和连二亚硫酸盐。

阔叶木机械浆可用次氯酸盐漂白，白度可达70～75GE，漂损少，其条件如下：

次氯酸用量　　10%
pH值　　11～12
温度　　21～32℃
纸浆浓度　　小于6%

几种漂白方法的纸浆白度增值，见表9-3-60。

表9-3-60　机械木浆采用不同漂白方法的白度增值

序　号	漂白方法	操　作　方　法	白度增值(度)
1	酸性亚硫酸钠	加到磨木机或水片磨木浆的盘磨机前	1～4
2	连二亚硫酸盐	加到进塔或浆池前的浆料中	8～10
3	SO_2-胺氢化物	按程序加到贮浆池前	8～10
4	次氯酸盐	用于阔叶木机械漂白，加到贮浆池前	10～12
5	过氧化物	常用于漂塔中，也可加在湿折机上	10～14
6	过氧化物与低亚硫酸盐联合漂	塔　漂	12～18

2.漂白示例

表9-3-67　化学木片磨木浆和木片磨木浆的二段漂

序号	木片经冷碱处理					
	H_2O_2-连二亚硫酸盐二段漂					
1	材种	H_2O_2 (%)	连二亚硫酸盐 (%)	风干浆白度		
				未漂浆	第一段漂后	第二段漂后
1	北美东北部桦木	1.25	1.0	46	74.2	77.4
2	北美西部松木	1.25	1.0	22.6	39.8	44.6
	次氯酸盐-H_2O_2二段漂					
3	北美东北部桦木	1.25	有效氯10%	46	64	76
4	北美西部松木	1.25	有效氯10%	22.6	40.1	52.6
	木片经重亚硫酸钠预处理H_2O_2-低亚硫酸盐二段漂					
	H_2O_2-低亚硫酸盐二段漂					
5	北美西部松木	1.25	1.0	23	37.9	45.4
	次氯酸盐-H_2O_2二段漂					
6	北美东北部桦木	0.8	有效氯10%	47.4	66	75.3
7	北美西部松木	1.25	有效氯10%	23	37.2	49.1
	木片未经预处理H_2O_2-低亚硫酸盐二段漂					
8	北美西部松木	1.25	10	45.1	63.1	68.1
9	北美西部白杨	1.25	10	47.8	65.6	70.1
	次氯酸盐-H_2O_2二段漂					
10	北美西部松木	1.25	有效氯10%	38.5	44.4	56.8
11	北美短叶松	1.25	有效氯10%	49.5	44	54.4

注：以上漂白条件为：
用H_2O_2：纸浆浓度12%；45～80℃；1.5～2小时。
用次氯酸盐：纸浆浓度12%；38℃；1小时。
用连二亚硫酸盐：纸浆浓度4%，60℃，1小时(均用 $Na_2S_2O_4$)

（九）管道漂白

木素含量低的阔叶木或草类纤维原料煮成的软浆容易漂白，可以在管道中进行连续漂白，以简化流程。图9-3-37为巴西一个500吨/日桉木浆的管道漂白流程。

如图9-3-37所示，将65～70℃的浆料浓缩至浓度5～12%后，经高浓浆泵以7公斤/厘米²的压力通过整个漂白流程。卡伯价20以下的桉木硫酸盐浆在10～15分钟内可漂至88～89度白度。

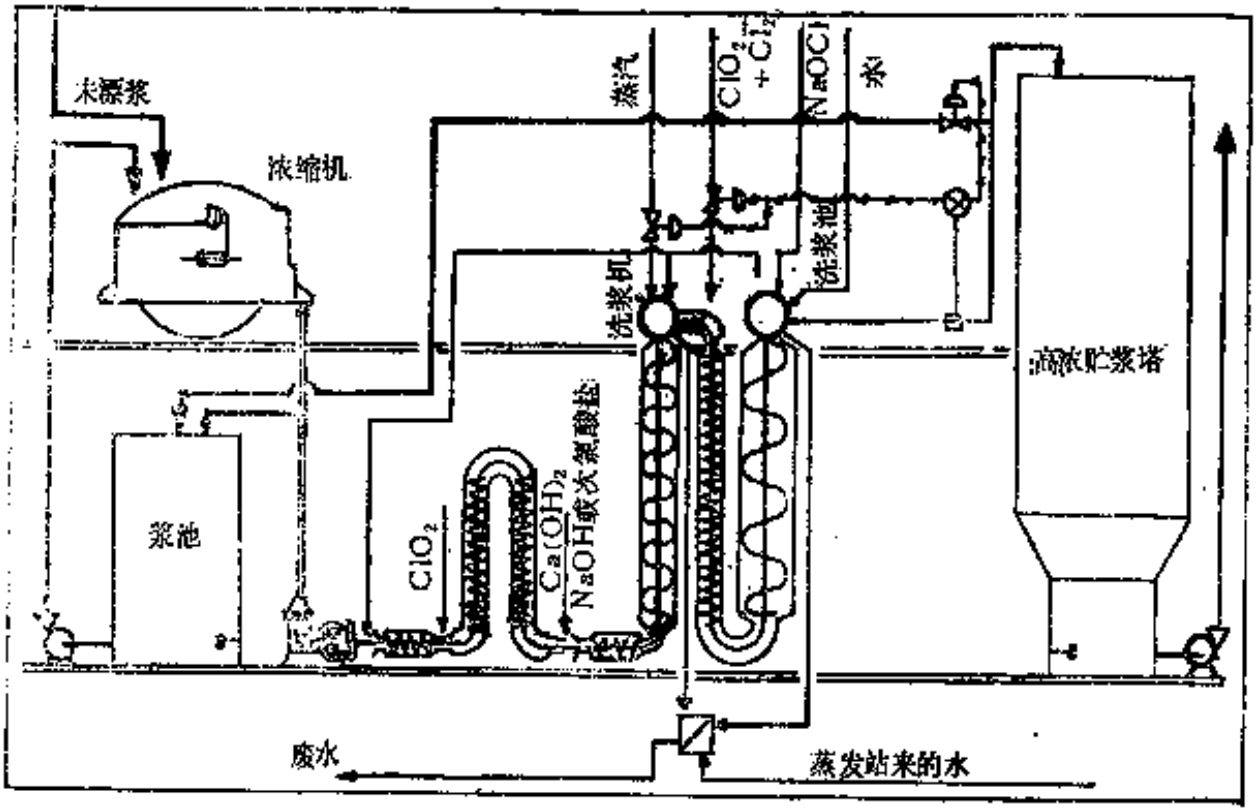


图9-3-37　桉木浆的管道漂白

十一、纸浆的返黄

纸浆经过贮存、日光照射或置于高温潮湿地方，白度有所降低，这种现象称为返黄或回色。

通常在过漂的情况下白度越高返黄越严重。

（一）返黄的原因

（1）纸浆洗涤不良。

（2）浆中残留有木素、树脂、灰份和碳水化合物。

（3）纸浆中的重金属离子或水中带入的重金属离子。

（4）纸浆受光、热、湿度的影响。

（5）亚硫酸盐木浆的细小纤维和草浆中的杂细胞返黄比纤维严重。

（6）在高温下强干燥。

（7）最主要的是纤维素和半纤维素氧化产生羰基而形成有色基团，如图9-3-38所示。

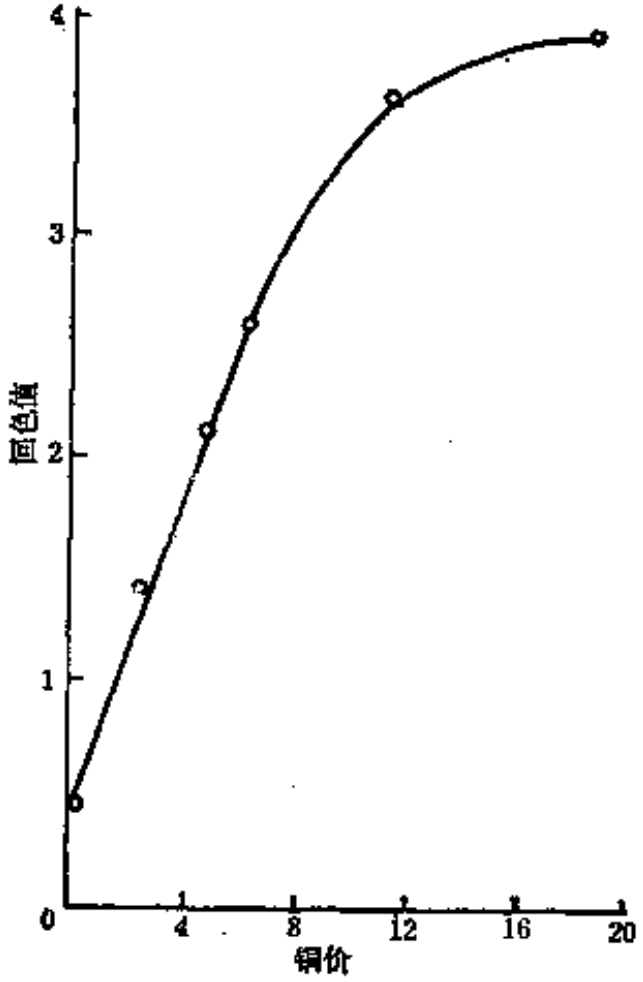


图9-3-38　还原性基因与回色值的关系

（二）返黄的表示方法

通常返黄以符号PC(回色值)表示。

$$PC=\left[\left(\frac{K}{S}\right)_{\text{老化后}}-\left(\frac{K}{S}\right)_{\text{老化前}}\right]_{100}$$

式中 K——纸浆的吸收系数

S——纸浆的散射系数

也可简单地用返黄率表示

$$\text{返黄率}=\frac{\text{老化前白度}-\text{老化后白度}}{\text{老化前白度}}\times 100\%$$

（三）减少返黄的方法

1．漂白剂的选用

选用氧化电势低的氧化性漂白剂可以减少返黄，一般的情况下次氯酸盐漂白返黄严重，二氧化氯漂白返黄较少，过氧化氢漂白的返黄更少。

2．漂白工艺的选择

(1) 单段漂白返黄严重，应以多段漂代替单段漂。

(2) 正常的氯化不会导致纸浆返黄，但由于用氯量过多，温度过高，时间过长或混合不均匀而产生“过氯化”时，使纤维素或半纤维素生成羰基时则导致返黄。氯化不充分的浆也容易返黄。

(3) 纸浆用热碱处理对减少返黄有显著效果，它既可除去树脂、半纤维素，又可以破坏纤维中的羰基。碱处理时温度高，用碱量大，时间长，对减少返黄有利。

(4) 通常次氯酸盐漂白的浆容易返黄。次氯酸盐用量大，漂白温度高，时间长，更加剧返黄。pH在7～11 范围内pH值越高返黄越轻。pH 值在 9 以上时，羰基进一步氧化成羧基，可以减少返黄(羧基的返黄程度仅为羰基的1/10)。在中性或接近中性时

产生酮基使返黄加剧。

次氯酸盐漂白段保留少量残氯，洗净后可以减轻返黄。

(5) 二氧化氯在酸性条件下漂白，不会在纤维素和半纤维中引入醛基和酮基，因而返黄少。但它不能氧化醛基成羧基，对酮基也没有影响，因此不能降低已被氧化的纸浆的返黄程度。

用过量的二氧化氯，在高温(70℃)、长时间(3小时)以及最适宜的pH值条件下漂白时，浆的稳定性能好。

漂后有剩余漂白剂有利于白度的稳定。

(6) 经过氧化物漂白的浆稳定性能好。一般要求返黄特别少的纸张，末段最好用过氧化物漂白。

(7) 硼氢化钠是很强的还原剂，可将纤维素的羰基还原为羟基从而减少返黄。

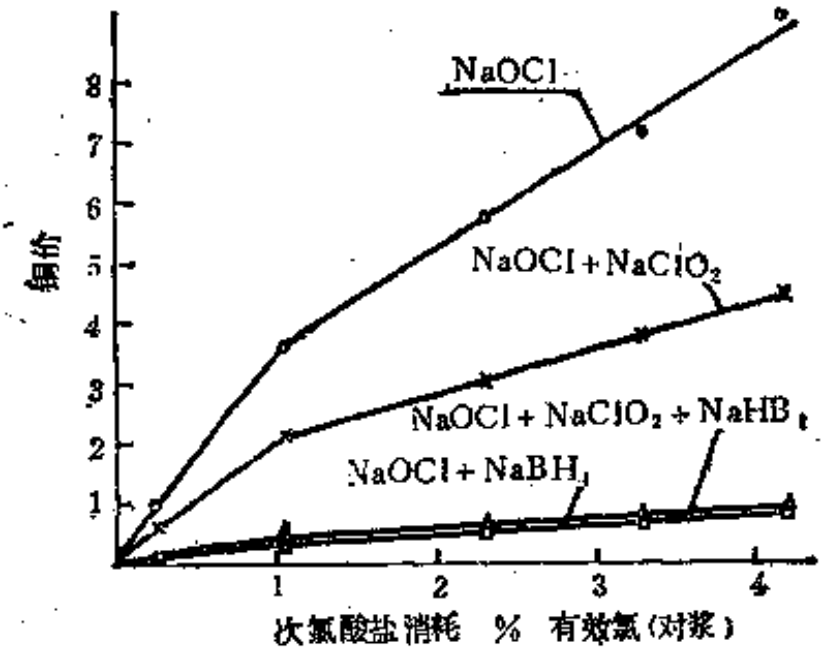


图9-3-39 次氯酸盐消耗与铜价的关系

3. 其它

(1) 温度高、水分大的纸浆在贮存时容易返黄(表9-3-62)。浆板机采用低温热风干燥或真空干燥可减少返黄。

表9-3-62　　纸浆水分对返黄的影响

水　分　(%)	白　　度　(GE)	
	老　化　前	老　化　后
0	83	81.1
4	83	79
24	83	67
40	83	59.5

(2) 出干燥部的浆板先经冷却再打包贮存，可减少返黄。

草浆在漂白前除去杂细胞可减少返黄。如表9-3-63所示。

表9-3-63　　草浆杂细胞对返黄的影响

项　目 \ 纤维与杂细胞比	100/0	80/20	60/40	30/70	0/100
漂白浆白度%(蓝光)	87.3	85.4	84.1	78.3	70.9
老化后白度%(蓝光)	79.8	76.2	73.4	69.6	66.1
漂白浆灰分(%)	13.65	14.23	15.07	—	18.64
漂白浆含木素(%)	1.54	1.78	2.03	—	2.42
漂白浆铜价	1.09	0.77	0.71	1.05	—

十二、漂白浆的洗涤和循环用水

(一) 洗涤的重要性

在传统的漂白过程中，每一漂段后都要洗涤，以除去溶解物。纸浆洗涤不良或不经洗涤，不仅多消耗化学药品，而且漂白浆的质量也有所下降。洗涤对漂白效果的影响见表9-3-64。

表9-3-64　　洗涤对漂白效果的影响

			加入的化学药品				
			C	E	D	E	D
			Cl_2	NaOH	ClO_2	NaOH	ClO_2
样品	A_1	充分洗涤	5.7	2.0	1.0	2.0	0.5
	B_1	未洗涤	7.0	10.0	2.0	3.0	1.0

漂段	条件					
	样品A(洗涤)			样品B(不洗)		
C	浓度 3%，	25℃，	1小时	浓度3%，	25℃，	1小时
E	浓度15%，	60℃，	2小时	浓度6%，	60℃，	2小时
D	浓度 6%，	70℃，	3小时	浓度6%，	70℃，	3小时
E	浓度15%，	60℃，	3小时	浓度5.9%，	60℃，	3小时
D	浓度 6%，	70℃，	3小时	浓度5.5%，	70℃，	3小时

漂白结果	样品A	样品B
白度(GE)		
老化前	89.7	89.3
老化后	84.6	84.5
TAPPI 粘度	10.9	8.6

(二) 洗涤方法

1. 稀释法

纸浆先经稀释然后浓缩，以完成洗涤过程。如果纤维未过多地吸收溶解物，则浆料浓度由1%浓缩到10%时，可除去90%以上的溶解物。但稀释法溶水量大。

2. 置换法

将清水喷淋在浓缩机的浆层上，喷水量相当于浆层中的水分含量(称为一次置换)。该法用水量少。生产中，一次置换的效果可达50～60%。二次置换可达90%。

（三）漂白用水的循环

1. 循环用水的效果

（1）减少漂白车间废水排放量，减轻废水处理负担。如果洗涤滤液不循环使用而全部外排，三段漂就得排出废液 250米³/吨浆。循环使用后，五段漂废液排放量可压缩到20米³/吨浆以内。

（2）降低水、电、汽消耗。

（3）减少纤维流失。因为每经过一段洗浆机纤维流失约0.1%。

2. 洗浆机滤液循环的原则

（1）清洁的水尽量用于洗浆机的喷水管及末段洗浆机的水封槽。

（2）通常氯化段和第一碱处理段滤液溶解物多，应当排掉。

（3）应将酸性与碱性、高温与低温滤液分开，分别使用。

（4）压缩漂白用水量应以不增加漂剂消耗，不影响漂白浆的质量为准。

3. 滤液循环方式

（1）末段漂洗浆机滤液单独循环回用(图9-3-40)。

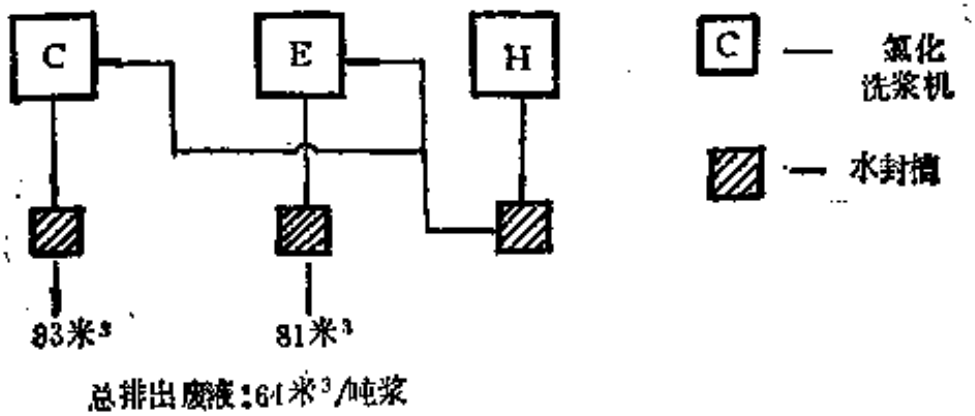


图9-3-40 末段洗涤水循环

① 末段滤液比较干净，溶解物少，不会给生产带来麻烦。

② 总废水排放量大，每增加一漂段要增加约80米³/吨浆排放量。

③ C段和E段废液混合后仍呈酸性（pH＝4），排液总管应耐腐蚀。

④ 为了减少泡沫，C段与E段废液不宜在车间内汇合，应单独送到车间外面。可设置泡沫塔将这两段废液在塔内汇合，以塔顶的排汽筒中喷水以消除泡沫。塔的排液管应伸到水沟里。

(2) 洗浆机滤液自身循环(图9-3-41)

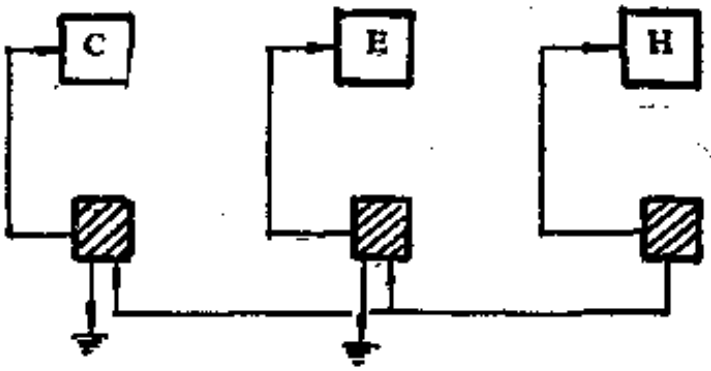


图9-3-41 洗浆机滤液的自身循环

① 自身循环量可达50～60%。

② 循环水用来稀释进本段洗浆机的浆料。全部用清水喷网。

③ 该法三段漂总排出废水约100米^3/吨浆。

(3) 跳级逆流循环(图9-3-42)

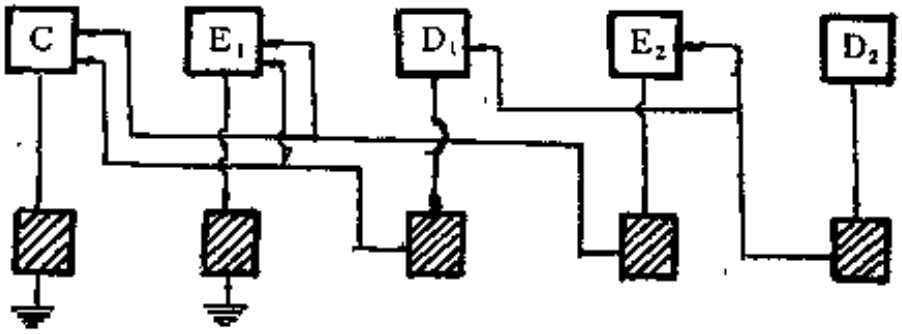


图9-3-42 跳级逆流循环

① 适用于多段漂白流程。

② 最后两段洗浆机喷水管用清水。

③ 因为有D段白水，氯化系统不宜用橡胶衬里，洗浆机应

用不锈钢制造。

④ 残余ClO_2如用碱液脱除（生成$NaClO_2$），在氯化段由于酸化仍有一半ClO_2重新生成。

⑤ 此法废液总排放量45～50米^3/吨浆。

(4) 分段逆流循环(图9-3-43)。

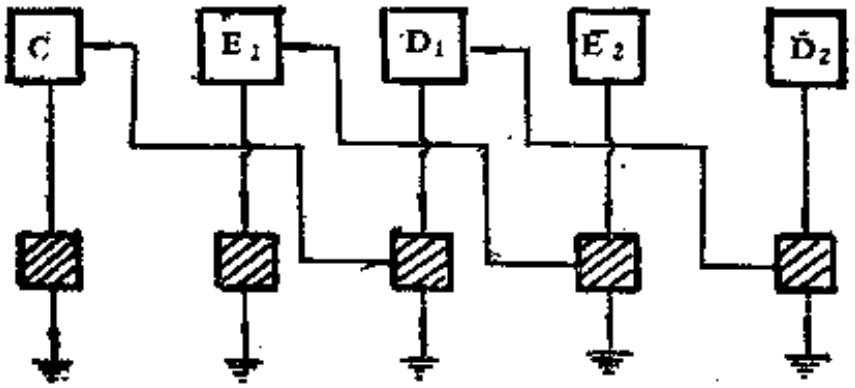


图9-3-43 分段逆流循环

① 清水用在D_2段及E_2段(前半部)和D_1段（后半部）喷水管上。

② D_1、D_2及C段水封槽串通，E_1E_2水封槽串通。

③ 洗浆机用不锈钢制造。

④ 此法废液总排放量35～45米^3/吨浆。

⑤ 逆流洗涤循环(图9-3-44)

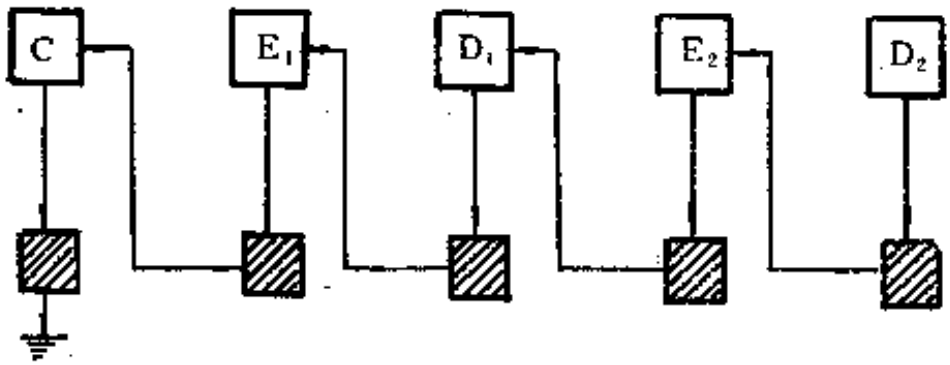


图9-3-44 逆流洗涤循环

① 清水用在D_2段和C段洗浆机喷水管上。

② 各水封槽互相串通。

③ 所有洗浆机都要用不锈钢制造。

④ 此法废液总排放量30～40米^3/吨浆。

(6) 逆流洗涤E_1段废液净化回用(图9-3-45)

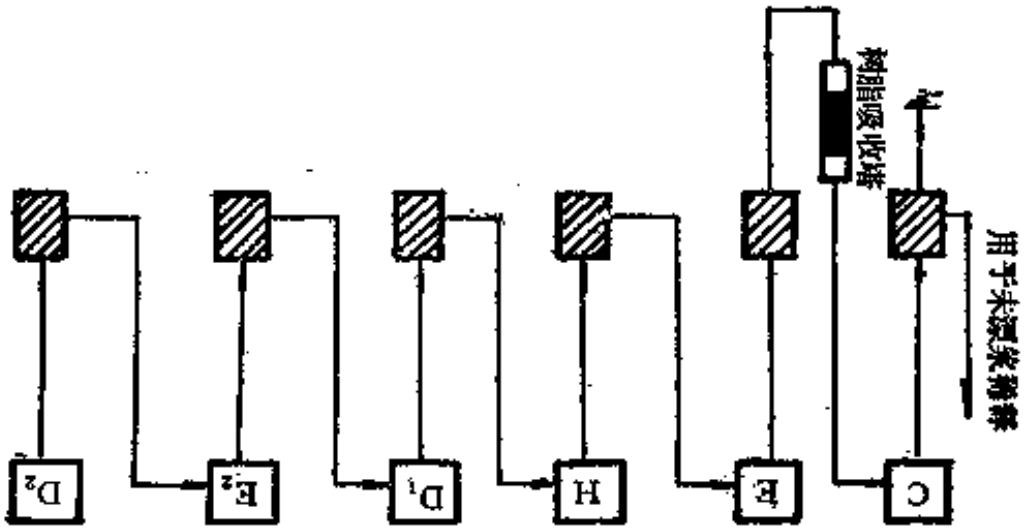


图9-3-45 逆流洗涤E_1段废液净化回用

① 该法废液总排放量20～30米/吨浆。

② 减少污染。工厂实践表明，排放的废液颜色可减少～90%，COD及BOD分别减少80%和50%。此法与无逆流洗涤E_1段废液净化的漂白硫酸盐木浆厂排放的颜色和BOD比较，见图9-3-46及9-3-47。

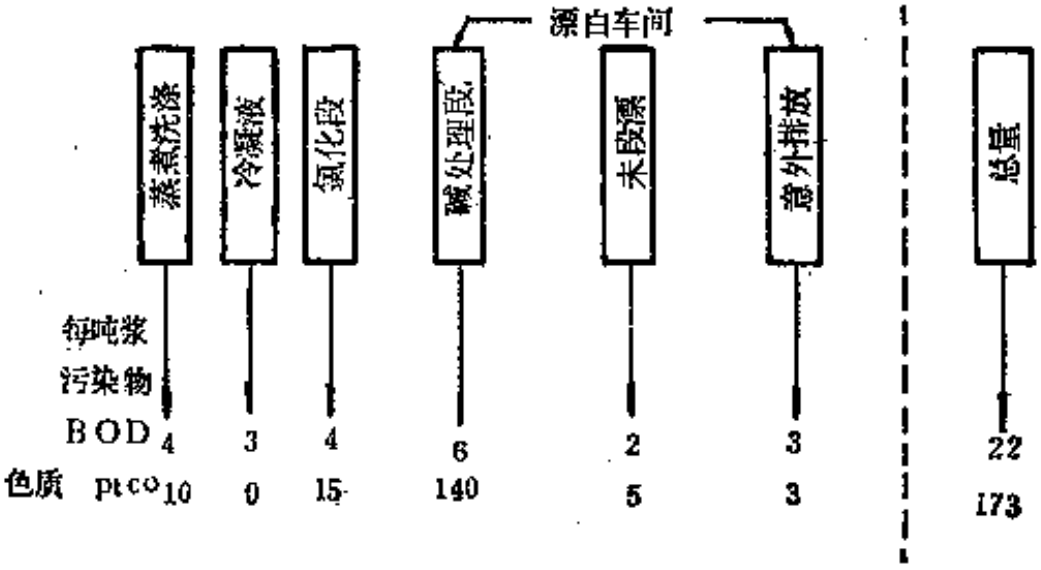


图9-3-46 漂白硫酸盐木浆厂排放量

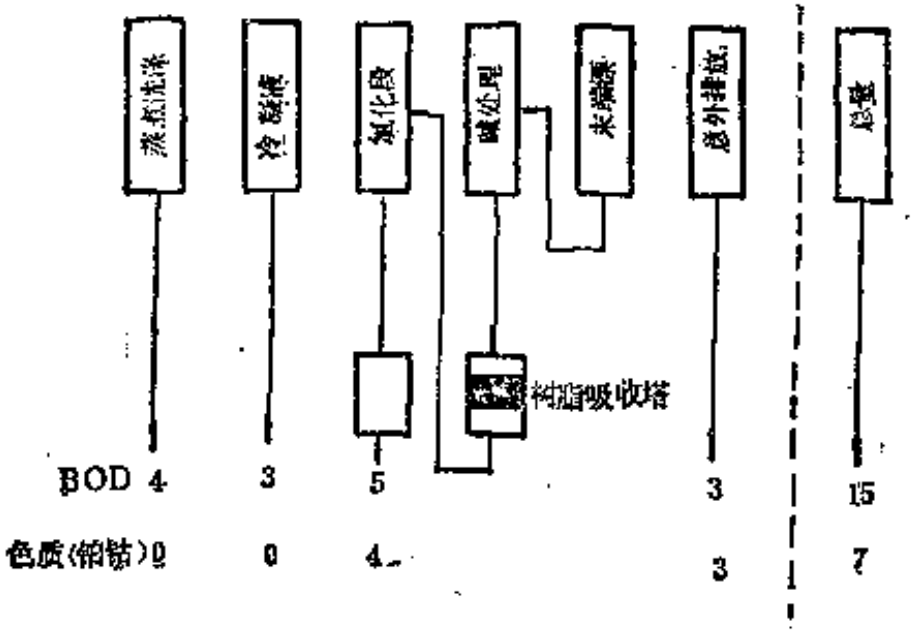


图9-3-47　采用逆流洗涤E_1段废液净化的漂白硫酸盐木浆厂排放量

②　E_1段废水用离子交换树脂吸附，达到饱和后，用碱液冲洗出树脂以再生回用。碱液可用浆厂的氧化白液。每吨浆消耗10%浓度的碱液0.4米^3。

经碱液冲洗后的树脂必须用酸活化。氯化段的酸性废液，可用来活化树脂，同时氯化段废液经酸化后本身也已脱色。采用此法可以清除漂白车间排出废液的污染。

(7) 漂白车间废液全封闭循环(S. R. P法)

①　采用封闭循环的两个先决条件：

a. 扩大逆流洗涤：漂白车间本身需逆流洗涤，然后将三分之二的漂白废液用于原浆洗涤，其余的三分之一用于其他地方。这样全部漂白废液可全部回用，进入黑液系统。

b. 为了达到氯和钠离子的平衡，必须减少氯离子含量，其方法是在氯化段用部分ClO_2代替氯，一般在70%以上。

②　从废液中离析NaCl的步骤：

a. 在三效蒸发器内将苛化过的白液浓缩至30%，此时大部分Na_2CO_3和Na_2SO_4沉淀出来。蒸发温度为120～137℃。

b. 沉淀物分别送往黑液贮存槽和绿液贮存槽。

c．除去沉淀物后的液体，在第二段蒸发器（一效）内进一步将NaOH及Na_2S浓缩至40%，此时残留在液体中的Na_2CO_3、Na_2S和NaCl沉淀出来，分离后溶液送蒸发。蒸发温度95℃。再将第二次沉淀物中的Na_2CO_3溶解送第一段蒸发器。

d．剩下的NaCl结晶后供电解或出售。

第四节　纸浆的精制

一、概　　述

纸浆精制的目的在于提高其纯度，即获得α纤维素含量高、杂质（木素、树脂、灰分等）少的浆。精制过程能改变纤维的物理化学性质，使之适于制造人造纤维和其它化学品以及某些特种纸。

精制一般是在多段漂白的碱处理段进行。通常分热碱精制和冷碱精制两种。热碱精制是在高温（75～145℃）下用0.5～2.0%或稍高的NaOH进行处理。冷碱精制是在常温下在浓度9～12%的NaOH溶液中处理。

亚硫酸盐浆比较容易获得高粘度、高白度的精制浆。亚硫酸盐浆有较好的反应性能和过滤性能，更适合于制造特殊要求的人纤浆。

碱法浆树脂含量低、吸收性好，但精制工艺比较复杂。硫酸盐法木浆强度大，适合于制造高强度的人纤浆。阔叶木精制浆半纤维素含量高，纤维不均匀，用来生产普通人纤浆。

精制浆可以用来生产羊皮纸、滤纸以及照相原纸、高级绘画纸、地图纸、美术复制印刷纸等。

二、精制浆的主要质量指标

几种精制浆的质量指标见表9-4-1、9-4-2及9-4-3。

表9-4-1　　棉短绒精制浆质量指标(参考标准)

产品 / 指标	药用	氨基塑料	化工C.M.C	造纸用
聚合度(D.P)	～1500	～950	～950	～950
白度(%)	86	86	85	850
水份(%)	9～13	9～13	9～13	9～13

表9-4-2　　棉短绒粘胶丝浆粕质量指标

产品名称	富纤			帘子绒			人造丝			低D.P(人造棉)		
等级指标	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
聚合度(DP)	780±25	780±30	780±40	930±30	930±35	930±40	575±25	575±30	575±35	500±25	500±30	500±35
α纤维素≥(%)	97.8	97.5	97	98.5	98	97.5	96	95.5	95	93	92.5	92
灰分≤(%)	0.08	0.12	0.15	0.08	0.12	0.15	0.08	0.12	0.15	0.10	0.12	0.15
铁质≤(ppm)	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	25	30
白度(%)	85	<86	<85	85	<85	<85	≥86	<85		≥86	<85	
吸碱值≥(%)	400～550	400～550		400～550	400～500		≥400	<400		≥450	<450	
膨润度(%)					120～210		170	160	150			

表9-4-3　　人纤浆质量标准(亚硫酸盐法)

指标名称 \ 原料	100%白　松		80%白松、20%杨木	
	一　等	二　等	一　等	二　等
α纤维素(%)不少于	90	88	89	87
戊糖(%)不大于	5	5	5	5
粘度(厘泊)	18～22	17～22	18～23	17～24
树脂(%)	0.7	0.9	0.9	1.1
灰分(%)	0.2	0.28	0.30	0.32
尘埃度 小于3.0毫米²/500克不多于	110	150	140	200
尘埃度 3～5毫米²/5米²不多于	不许有	4	4	6
尘埃度 5毫米²以上		不	许	有
定量(克/米²)	650±50	650±50	650±50	650±50
厚度(毫米)	1.2	1.2	1.2	1.2
水分(%)	10	10	10	10
膨润度(厚度%)		300～450		
吸收度(重量%)		400～550		
反应性能(CS_2%/NaOH%)不大于		110/11		
含铁量(毫克/公斤)	30	50	30	50
白度(白色)%不小于	90	85	85	85

三、精制浆的漂白工艺特点

(一) 氯　　化

(1) 氯化可降低原浆硬度的85～90%，并减少聚合度1200以上的高分子组分。

(2) 氯化使纤维初生壁受到一定破坏，从而提高反应性能。

(3) 氯化后要求含氯量在0.03～0.05克/升左右，少许过量氯可改善过滤性能。

(4) 亚硫酸盐精制浆氯化段用氯量，为整个精制过程用氯量

的65%；硫酸盐精制浆氯化段用氯量为总用氯量的70%。

（5）在氯化前加NH_4Cl可防止纤维氧化降解。

（二）热碱精制

热碱精制是提高α纤维素含量、除去半纤维素和树脂的重要过程，用以控制成浆的α纤维素等指标，并减少聚合度300以下的组分。

加螯合剂可提高精制效果。

精制条件应根据所要求α纤维素含量的大小来决定。

1．用碱量的影响

增加用碱量可提高α纤维素含量，但当α纤维素达到95%时，再增加用碱量α纤维素也不再提高。图9-4-1为用碱量与α纤维素及得率的关系。

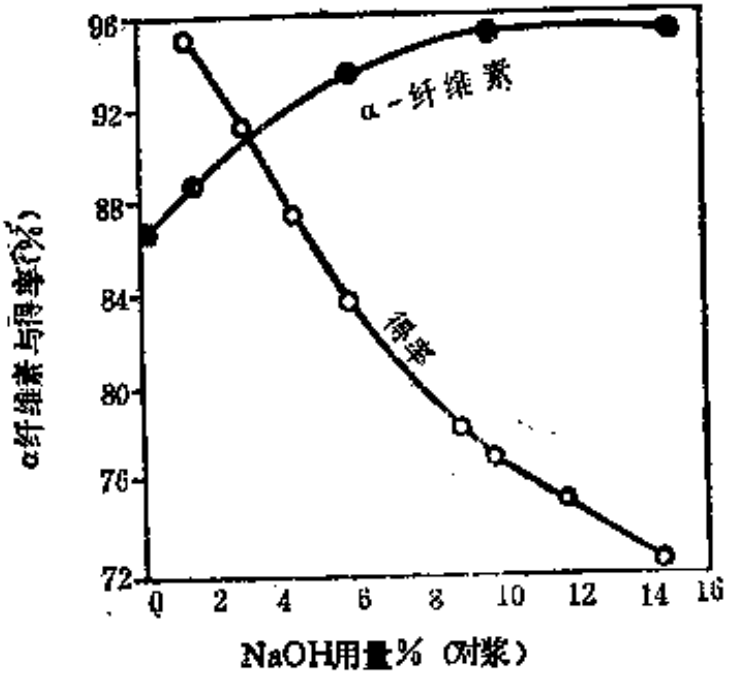


图9-4-1　西方铁杉、云杉的亚硫酸盐混合浆热碱精制（140℃，25分，10%浆浓）的用碱量与α纤维素及得率的关系

2．温度与时间的关系

温度与时间的关系见图9-4-2。提高精制温度可缩短时间。但温度不宜过高，以免给漂白带来困难。

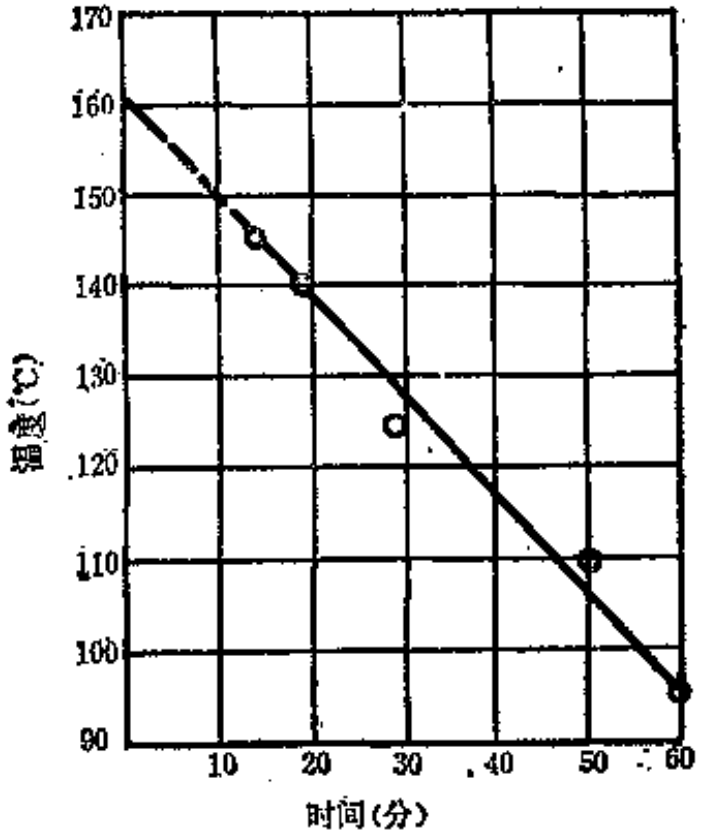


图9-4-2　氯化后亚硫酸盐木浆热碱精制(α纤维素93%)的温度与时间的关系

3．用碱量与粘度的关系

热碱精制时用碱量与粘度的关系如图9-4-3所示。

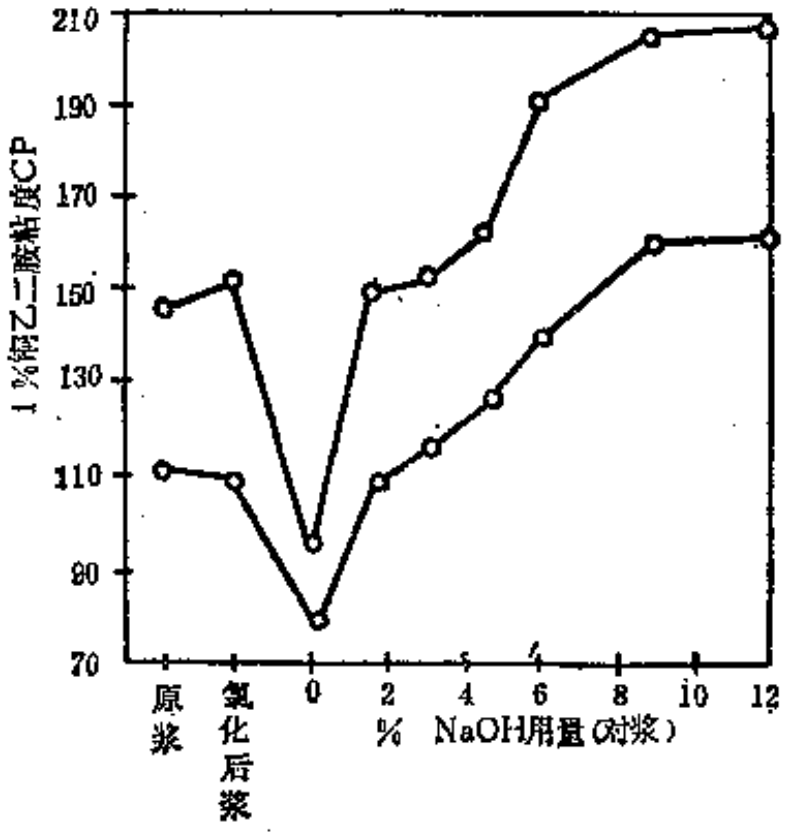


图9-4-3　氯化和热碱精制(95℃，150分钟，浆浓17.5%)时粘度的变化

4．材种的影响

材种对α纤维素与用碱量关系影响不大，虽然针叶木浆与阔叶木浆有很大差别，在用碱量及其他条件相同时，α纤维素的上升值基本相同。图9-4-4为铁杉和云杉用碱量与α纤维素及得率的关系的比较。

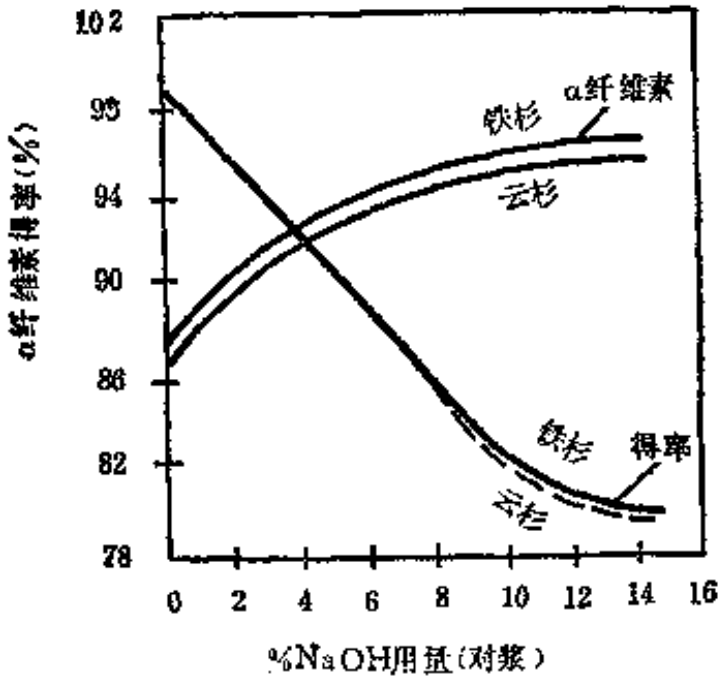


图9-4-4　铁杉和云杉浆热碱精制时α纤维素的变化

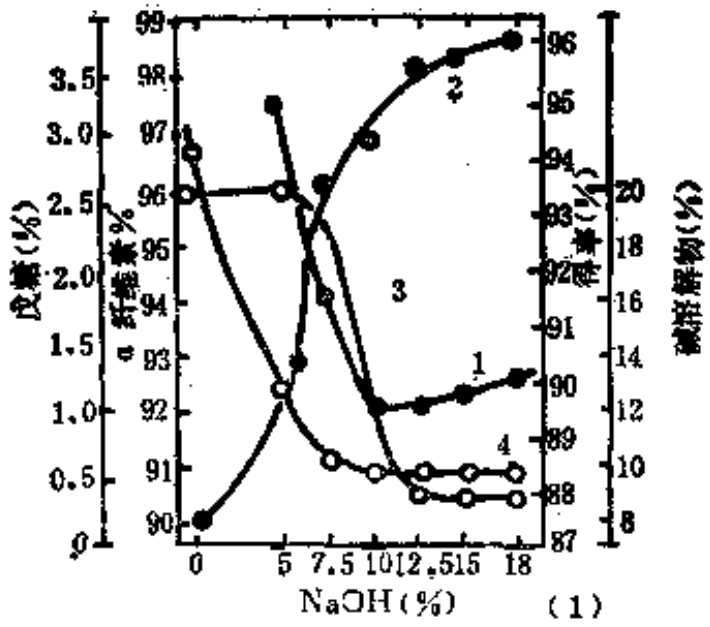
（三）冷碱精制

亚硫酸盐浆与硫酸盐浆用冷碱处理都可获得α纤维素含量98%以上的精制浆，可用它作硝化纤维素和醋酸纤维素等。由于其反应性能和过滤性能较差，如用作人纤浆还需经特殊处理。

冷碱精制可在氯化后或热碱精制前，也可在热碱精制后进行。用未漂浆进行精制也可得到高α纤维素的本色精制浆。

1．碱液浓度的影响

冷碱精制时NaOH用量在4～20%之间。碱液浓度对精制结果的影响见图9-4-5。



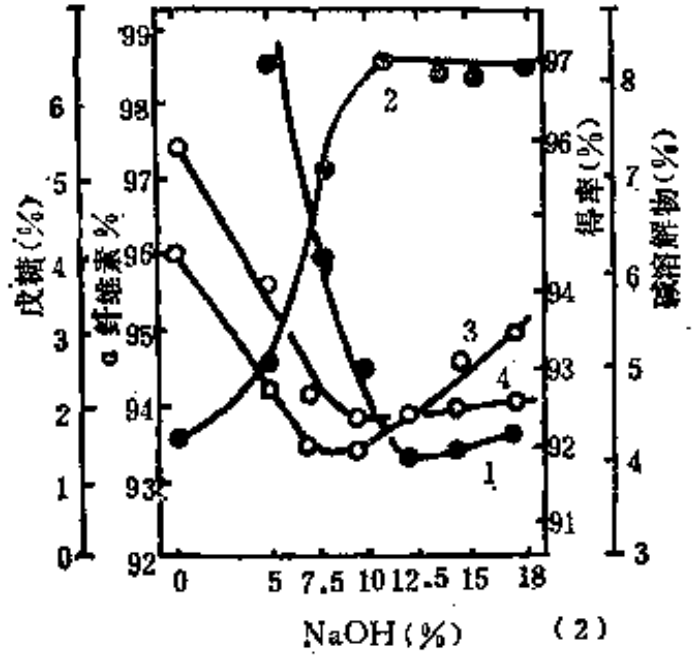


图9-4-5　碱液浓度对精制结果的影响

(1) 未漂亚硫酸盐浆冷碱精制时用碱量与α纤维素的关系

(2) 未漂硫酸浆冷碱精制时用碱量与α纤维素的关系

1—得率 2—α纤维素 3—碱溶解物 4—戊糖

2．冷碱精制对得率的影响

冷碱精制与热碱精制相比不仅可提高α纤维素含量，而且得率也高。如未漂亚硫酸盐铁杉浆，用冷碱精制，当α纤维素达98%时，得率为90%。而热法精制当α纤维素96%时，得率仅81%。α纤维素含量在88～96%之间时，冷碱精制浆α纤维每提

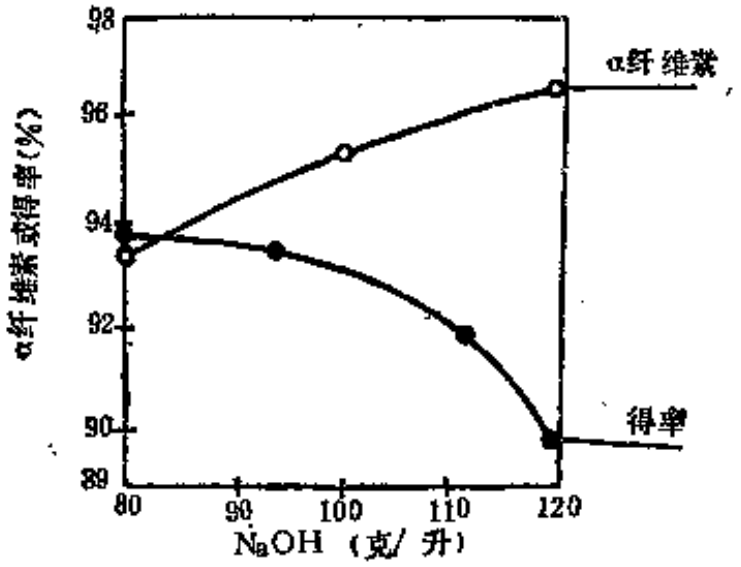


图9-4-6　氯化后亚硫酸盐木浆冷碱精制时α纤维素与得率的关系

高1%，得率降低1%，而热碱精制浆α纤维每提高1%，得率降低2.25%

3．温度的影响

在15～25℃的温度下精制用碱量最低。要得到α纤维素含量99%以上的精制浆，只有在严格控制的精制条件下才能达到。从图9-4-7可以看出，用冷碱法精制亚硫酸盐木浆，在温度15～25℃、NaOH浓度117～142克/升下处理，α纤维素才能达到99%以上。

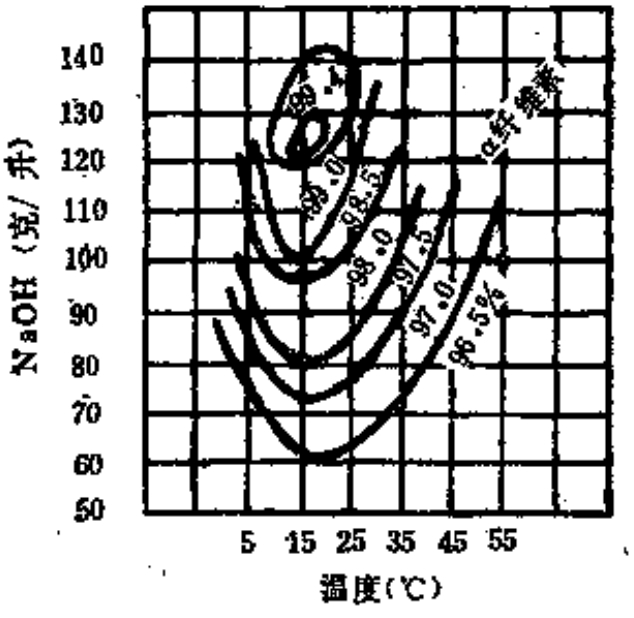


图9-4-7　冷碱法精制亚硫酸盐木浆时温度、碱液浓度与α纤维素的关系

4．冷碱精制浆的洗涤

冷碱处理后纸浆的洗涤方法对精制效果有很大影响。应先用稀碱液洗，然后用几台真空洗浆机串联逆流洗涤，用水逐渐地把碱从纸浆中置换出来。如一开始就用冷水洗涤，则溶于碱的物质又重新为纤维吸附，α纤维素就要降低一些，其影响如表9-4-4所示。

表9-4-4　　冷碱精制浆洗涤方法比较

	α纤维素（%）	失水戊糖（%）	膨　润（%）	粘　度（厘泊）
精制后先用苛性钠溶液，再用水洗	98.3	1.76	1955	402
直接用水洗	96.0	1.90	1905	362

在低温高浓的碱液中处理过的浆，由于纤维膨润，洗涤时很难将纤维中的碱洗去，故多采用几台真空洗浆机串联逆流洗涤，或使用几台螺旋压榨机串联洗涤。

（四）二氧化氯漂白

亚硫酸盐人造丝浆容易漂白，用不用二氧化氯对白度影响不大。但树脂含量高的亚硫酸盐浆氯化时，油脂和氯的反应产物难于溶出，如加入一段二氧化氯漂白即可克服这一困难，获得树脂含量低的亚硫酸盐人造丝浆。

预水解硫酸盐人造丝浆多用于制造轮胎帘子线及其它工业用品，一般这些制品对白度要求不高，不需要漂到很高的白度，但要尽可能将残余木素除去，这对改善浆的反应性能及粘胶的过滤性能有很大意义，对于抽丝过程也很重要。在这些方面，二氧化氯能起很大作用。

预水解硫酸盐浆用作短丝浆粕要有高的白度和聚合度，通常要求经二氧化氯漂白。

精制过程中采用二氧化氯漂白可充分破坏剩余木素，使浆粕

具有很高的白度。

用二氧化氯漂白时，浆粕的粘度和α纤维素含量降低不多。

氯化和碱处理后的亚硫酸盐木浆经一段二氧化氯漂白，白度可达90度，而硫酸盐木浆一段二氧化氯漂白，白度可达85度，二段二氧化氯漂白，白度可达92度。

二氧化氯漂白的浆和以次氯酸盐漂白的同等白度的浆相比，纺成的丝色泽较暗。

亚硫酸盐木浆用二氧化氯漂白时，以pH5.5～6，温度70℃，漂白时间3小时结果最好。用二氧化氯漂白，可降低浆粕中树脂含量一半左右，并能除去灰分，提高过滤性能。

（五）次氯酸盐漂白

在生产人纤浆时，次氯酸盐漂白用以调整浆的粘度。人纤浆多用钠盐漂白，以消除钙盐的影响。它可减少纸浆灰分，而且用氯量小，所得浆白度高。次氯酸盐漂白能降低聚合度800以上的分子组分，提高低分子组分含量。在碱性介质中漂白可减少低分子组分含量。

次氯酸盐漂白时可加下列助剂：

(1) 漂前加碱调节pH值至10左右。

(2) 漂前加拉开粉(NiKa，是阴离子型表面活性剂)。

棉短绒浆在漂前加浆量0.05～0.1%的拉开粉可提高粘胶过滤性能。

(3) 漂白结束前加尿素活化漂白作用。

加入浆量0.25%的尿素，可节省20～30%的次氯酸钠和90%以上的大苏打。

(4) 漂白终点的脱氯：漂白结束后，浆料中还有一定数量的残氯，如果直接进行洗涤或酸处理，会出现中性阶段，使纤维降解，因此，必须进行脱氯。常用脱氯剂为硫代硫酸钠，理论上其用量为残氯量的1.74倍。但生产中通常要加入残氯量的2～2.1倍

的硫代硫酸钠才能将残氯脱净。

（六）酸 处 理

酸处理的主要目的是降低浆的灰分、铁含量，提高白度。常用盐酸进行酸处理。酸处理时加入焦磷酸钠、三聚磷酸钠、草酸、氢氟酸、六偏磷酸钠等，可提高酸处理效果。其中以六偏磷酸钠用得最多。它除灰分、铁效果好，对设备腐蚀较小。但其水溶液不够稳定，特别是当温度超过60℃时会分解成磷酸二氢钠而失去其效力。

通过酸处理降低浆的pH值也可防止成品返黄。

加酸量以能中和残碱和溶出无机盐为宜。一般为0.5～3%。

四、精制浆的工艺条件

（一）棉短绒精制浆

棉短绒精制浆的漂白工艺条件见表9-4-5。

表9-4-5　　棉短绒人纤浆漂白技术条件

工艺条件 \ 用途		粘胶丝				C.M.C		棉条筒	氨基塑料	印刷纸
		富纤	长丝	帘子线	短丝	药用	化工	钢纸		造纸
预酸氯化	HCl(%)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0		1.0	
	氯化用氯量(%)	0.2～0.3	0.2	0.2～0.3	0.2～0.3	0.2	0.3～0.4		0.2～0.3	
	时间(分)	30	30	30	30	30	30			
碱处理	NaOH(公斤/吨)	50～70	50～70	50～70	50～70	10～30	10～30	10～30	20～40	20～40
	磷酸三钠(%)	0.2	0.2	0.2	0.2					
漂白用氯量(%)		1.0～1.4	1.0～1.4	1.0～1.4	1.0～1.4	1.0	1.0	0.3	1.0	1.0
漂白温度(℃)		36～42	36～42	36～42	36～42	28～30	28～30	室温	32～34	32～34

续表

工艺条件 \ 用途	粘胶丝				C.M.C		棉条筒	氨基塑料	印刷纸
	富纤	长丝	帘子线	短丝	药用	化工	钢纸		道纸
漂白时间(分)	80～150	80～150	80～150	80～150	90～120	90～120	90～120	90～120	90～120
酸洗 HCl(%)	2.7	2.7	2.7	2.7	1.5	1.5		1.5	
酸洗 时间(分)	60	60	60	60	45			45	
酸洗 六偏磷酸钠(%)	0.3	0.3	0.3	0.3		45			
水洗时间(分)	80	80	80	80	60	60	60	60	60

注：如用尿素可在漂白结束前30分，加尿素0.25%，但用碱量要加大，这时用氯量可降低30%。

（二）蔗渣精制浆

氯化：浆料浓度　3 %

用氯量　2.5～3%（视浆料硬度而定）

温度　20℃

时间　30分钟

碱处理：浆料浓度　4 %

NaOH用量　3 %

温度　20℃

时间　1 小时

次氯酸盐漂白：浆料浓度　4%

用氯量　1.0～1.5%（漂前聚合度＞900，用1.5%；聚合度＜900时用1%）

温度　20℃

时间　1 小时

pH值　8～9

酸处理：浆料浓度　4 %

HCl用量	2%(加HCl30分钟后加偏磷酸钠)
温度	20℃
时间	1小时
pH值	2～3

蔗渣人纤浆漂白用有效氯与漂前聚合度的关系见表9-4-6。

表9-4-6　　蔗渣人纤浆聚合度与漂白用氯量的关系

K(高锰酸钾值)<2.0		K<2.5		K<3.0		K<3.8		K<4.3	
漂前聚合度	用氯量(%)	漂前聚合度	用氯量(%)	漂前聚合度	用氯量(%)	漂前聚合度	用氯量(%)	漂前聚合度	用氯量(%)
600	0.70	710	0.82	760	0.94	910	1.65	1010	2.15
610	0.71	720	0.84	770	0.98	920	1.70	1020	2.20
620	0.72	730	0.86	780	1.02	930	1.75	1030	2.25
630	0.73	740	0.88	790	1.06	940	1.80	1040	2.30
640	0.74	750	0.90	800	1.10	950	1.85	1050	2.35
650	0.75			810	1.15	960	1.90	1060	2.40
660	0.76			820	1.20	970	1.95	1070	2.45
670	0.77			830	1.25	980	2.00	1080	2.50
680	0.78			840	1.30	990	2.05		
690	0.79			850	1.35	1000	2.10		
700	0.80			860	1.40				
				870	1.45				
				880	1.50				
				890	1.55				
				900	1.60				

（三）木材精制浆

1.几种主要木材精制浆蒸煮和精制方法

见表9-4-7。

表9-4-7　　木材精制浆的蒸煮和精制方法

精制浆标准	材种	蒸煮方法	精制方法
α纤维素88%以上	枞木	亚硫酸盐法	无需精制
	山毛榉	亚硫酸盐法	——
		硫酸盐法	预水解
	松木	硫酸盐法	预水解
α纤维素90%以上	枞木	亚硫酸盐法	热法精制
α纤维素92%以上	山毛榉	硫酸盐法	预水解
	松木	硫酸盐法	预水解
	枞木	亚硫酸盐法	热碱精制
α纤维素96%以上	松木	硫酸盐法	预水解冷碱精制
α纤维素96%以上	枞木	亚硫酸盐法	特别方法精制

2.白松亚硫酸盐人纤浆漂白条件

采用五段漂(漂率5.5%)：

(1) 氯化

浆料浓度(%)	2.5～3
用氯量	为漂白总氯耗的65～70%
温度(℃)	常温
氯化时间(分)	25～30
pH值	1.7～2.2

(2) 碱精制

	100%白松浆	80%白松、20%白杨
浆料浓度(%)	＞9	＞8
用碱量(公斤/吨浆)	60～70	50～60
碱液浓度(%)	25～30	25～30
pH值	＞11	＞11
温度(℃)	98～100	96～100
精制时间(小时)	1:20～1:30	1:20

磷酸三钠(公斤/吨浆)	6～10	6～8
		(根据树脂含量定)

(3) 一段次氯酸盐漂白

	白松浆100%	白松80%、白杨20%
浆料浓度(%)	8～9	8～9
用氯量	根据精制后浆料粘度及原浆粘度而定	
漂白温度(℃)	50～60	50～60
pH值	>8.5	>8.5
漂白时间(小时)	1:20～1:30	1:20～1:30
出塔粘度(厘泊)	24～28	24～28
出塔残氯	不许有	不许有

(4) 二段次氯酸盐漂白

浆料浓度(%)	6.5±0.5
漂白温度(℃)	50～55
漂白时间(小时)	6:30～7:30
加酸量(公斤/吨浆)	8～10
pH值(加酸后)	小于3
过程pH值	>0.9
脱氯	根据残氯加硫代硫酸钠
用氯量	根据浆料浓度适当掌握。
终点粘度(厘泊)(白松浆100%)	18～22
(白松浆80%、杨木浆20%)	18～23

(5) 酸处理

加酸量(%)	0.8～1.0(按绝干浆计)
处理时间(分)	30～40
酸处理pH值	2～4

温度(℃)　　45～50

浆料浓度(%)　　5～6

表9-4-8　　白松人纤浆用不同的酸处理时灰分的变化

加酸量	HCl		H_2SO_3		H_2SO_3		塔　酸	
(对浆重%)	灰分(%)	pH值	灰分(%)	pH值	灰分(%)	pH值	灰分(%)	pH值
0	1.52		1.52		1.52		1.52	
0.5	0.344	4.6	0.289	4.9	0.396	5.7	0.490	
1	0.281	3.1	0.280	3.3	0.332	5.4	0.420	
1.5	0.266	2.8	0.256	3.1	—	—	—	
2	0.247	2.5	0.240	2.6	0.319	3.4	0.344	
2.5	0.242	2.3	—	—	—	—	—	
3	0.186	2.0	0.229	2.3	0.303	3.0	0.322	
4	—	—	—	—	0.281	2.7	0.298	
5	—	—	—	—	0.278	2.8	0.349	

第五节　漂白计算

一、化学药品用量计算

(一) 氯化用氯量

$$g = \frac{0.9 \times Q \times K}{p}$$

式中　g——用氯量(公斤/小时)

Q——处理浆量(公斤风干浆/小时)

p——氯的纯度(%，一般为99.5%)

K——加氯量(%，对绝干浆)

（二）碱处理用碱量

$$g = \frac{0.9 \times Q \times K}{p}$$

式中 g——NaOH用量(公斤/小时)

Q——处理浆量(公斤风干浆/小时)

p——NaOH纯度(%，一般95%以上)

k——NaOH加入量(%，对绝干浆)

（三）氢氧化钠的配制

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

式中 V_1——浓NaOH体积(升)

V_2——需配制的NaOH体积(升)

N_1——浓NaOH浓度(克/升)

N_2——需配制的NaOH浓度(克/升)

（四）漂液用量(连续漂白)

$$g = \frac{900 \times K \times Q}{C \times T}$$

式中 g——所需漂液量(米^3/分)

Q——处理浆量(吨风干浆/日)

K——所需有效氯(%，对绝干浆)

C——漂液有效氯浓度(公斤/米^3)

T——每日工作时间(分)

（五）漂池用漂液量

$$g = \frac{1000 \times V \times C_1 \times K}{C}$$

式中 g——每池所需漂液(米^3)

V——漂池有效容积(米^3)

C_1——纸浆浓度(%)

K——所需有效氯(%，对绝干浆)

C——漂液有效氯浓度(克/升)

二、 漂白设备的计算

(一) 次氯酸钙漂液吸收槽容积

$$V=\frac{Q\times W}{C}$$

式中 V——吸收槽有效容积(米^3)

Q——每次通氯量(吨)

W——每吨氯需有效CaO(公斤)

C——石灰乳浓度(克/升)

(二) 每日需吸收次数

$$N=\frac{g}{V}$$

式中 N——吸收次数(次/日)

V——每吸收一次漂液量(米^3)

g——所需漂液量(米^3/日)

(三) 漂白塔容积

$$V=\frac{0.9\times Q\times T}{C}$$

式中 Q——处理浆量(吨/时)

T——处理时间(小时)

C——浆料浓度(%)

V——有效容积(米³)

降流式漂塔有效容积不包括稀释管以下部分。

(四) 真空洗浆机能力

$$Q = s \times n \times m \times c \times 60$$

式中 Q——洗浆机能力(吨/小时)

s——滤网有效面积(上浆部分)(米²)

n——滤鼓转速(转/分)

m——浆层厚度(米)

c——浆料浓度(%)

表8-5-1 真空洗浆的单位负荷

浆料种类	洗浆机能力(吨风干浆/米²×24时)
松木硫酸盐浆	6.5～7.5
阔叶树硫酸盐浆	5.0～6.0
针叶树亚硫酸盐浆	5.0～7.0
阔叶树亚硫酸盐浆	4.5～6.0
阔叶树碱法木浆	4.0～4.5
磨木浆	2.0～3.0

注：上表条件：进浆浓度1～1.5%，出法浆机浓度10～12%。真空水腿管应有10米以上，管内滤液流速2.4～3.6米/秒。

三、汽、水、电消耗

(一) 用 汽 量

1. 纸浆漂白或碱处理用汽量

$$W = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{(i - t_2)(1 - p)}$$

$$Q_1 = 0.9 \times G_1(t_1 - t_2) \times c_1$$

$$Q_2=\left(\frac{0.9G_1}{B}-G_1\right)(t_1-t_2)\times c_2$$

$$Q_3=G_2\times(t_1-t_0)\times c_3$$

式中 W——升温用汽量(公斤/小时)

Q_1——加热纤维需热量(千卡/小时)

Q_2——加热水需热量(千卡/小时)

Q_3——加热药液需热量(千卡/小时)

i——加热蒸汽热焓(千卡/公斤)

t_1——纸浆最终温度(℃)

t_2——纸浆最初温度(℃)

t_0——药液最初温度(℃)

c_1——纤维比热(千卡/公斤·℃,一般为0.34)

c_2——水比热(千卡/公斤·℃)

c_3——药液比热(千卡/公斤·℃)

B——纸浆浓度(千卡/公斤·℃)

P——热损失率(%，一般为10%)

G_1——纸浆量(公斤风干浆/小时)

G_2——漂液量(公斤风干浆/小时)

2.液氯气化用热量(或用汽量)

$$Q=Gr+G(t_1-t_2)c$$

式中 Q——液氯气化需热量(千卡/小时)

G——液氯量(公斤/小时)

r——液氯气化潜热，(为~68.8千卡/公斤)

t_2——液氯气化时温度(℃)

t_1——氯气的终点温度(℃)

c——氯气比热，为0.124千卡/公斤

$$W=\frac{Q}{(i-t_3)}\times\frac{1}{1-P}$$

式中 W——液氯气化需要蒸汽量(公斤/小时)

Q——液氯气化需热量(千卡/小时)

i——蒸汽热焓(千卡/公斤)

t_3——排出蒸汽凝结水温度(℃)

p——热损失(%，一般为10%)

(二) 漂白用水量

1. 药液稀释用水

$$W = G\left(\frac{C_1}{C_0} - 1\right)$$

式中 G——药液量(升)

C_1——稀释前浓度(克/升)

C_0——稀释后浓度(克/升)

W——稀释用水量(公斤)

2. 石灰乳调制用水量

$$W = \frac{1000G}{C}$$

式中 W——用水量(公斤)

G——有效CaO量(公斤)

C——石灰乳浓度(克/升)

3. 纸浆稀释用水量

$$W = 100Q\left(\frac{C_1 - C_0}{C_0 C_1}\right)$$

式中 W——稀释用水量(公斤)

Q——绝干纤维(公斤)

C_0——稀释后浓度(%)

C_1——稀释前浓度(%)

4、纸浆洗涤用水量

一般按定额，参考数据如下

(1) 真空洗浆机用水量

网上浆页喷水管　　9～18米^3/日·吨浆

网上喷网固定喷水管：0.12米³/米·分钟

网上喷网摇摆喷水管：0.016米³/米·分钟

（2）贝尔曼式漂浆机用水：70～80米³/吨风干浆

（3）侧压式洗浆机用水：80～100米³/吨风干浆

（4）普通圆网浓缩机用水：100～120米³/吨风干浆

（5）泵及搅拌器密封用水：0.012M³/米·分钟

（6）真空洗浆机水封槽用水：一般加入最末一至二个水封槽内，水量由各厂自定。

（三）漂白用电量

$$q=\frac{M\times H\times c}{Q}$$

式中 M——电动机容量（千瓦）

H——电动机每日净开时间（小时）

c——电机负荷系数（一般0.6～0.8）

Q——日产风干浆量（吨）

q——每吨风干浆耗电（度）

四、其 它

（一）氧化性漂白剂的有效氯含量

一克分子氯如能游离出一克分子碘则表示有效氯为100%。

$$\text{某氧化性漂剂有效氯}(A\cdot C)=\frac{\text{置换的氯分子量}}{\text{某氧化漂剂分子量}}\times 100\%$$

例：$Ca(OCl)_2$的有效氯折算

$$Ca(OCl)_2+4KI+2H_2O\rightarrow 2I_2+CaCl_2+4KOH$$

即$Ca(OCl)_2\backsim 2I_2\backsim 2Cl_2$

$$\text{有效氯}=\frac{71\times 2}{143}\times 100\%=99\%$$

常用的几种漂白剂有效氯与有效氧含量见表9-5-2。

表9 5-2　　常用的几种漂白剂有效氯与有效氧含量

氧化漂剂(1公斤)	有效氯(A·C)公斤	有效氧(A·O)公斤
$Ca(OCl)_2$	0.99(99%)	0.22
$NaClO$	0.93(93%)	0.21
$NaClO_2$	1.57(157%)	0.35
ClO_2	2.63(263%)	0.59
Na_2O_2	0.91(91%)	0.20
H_2O_2	2.09(209%)	0.47
$KMnO_4$	1.11(111%)	0.25

(三)氯化时的通氯量计算

见图9-5-1

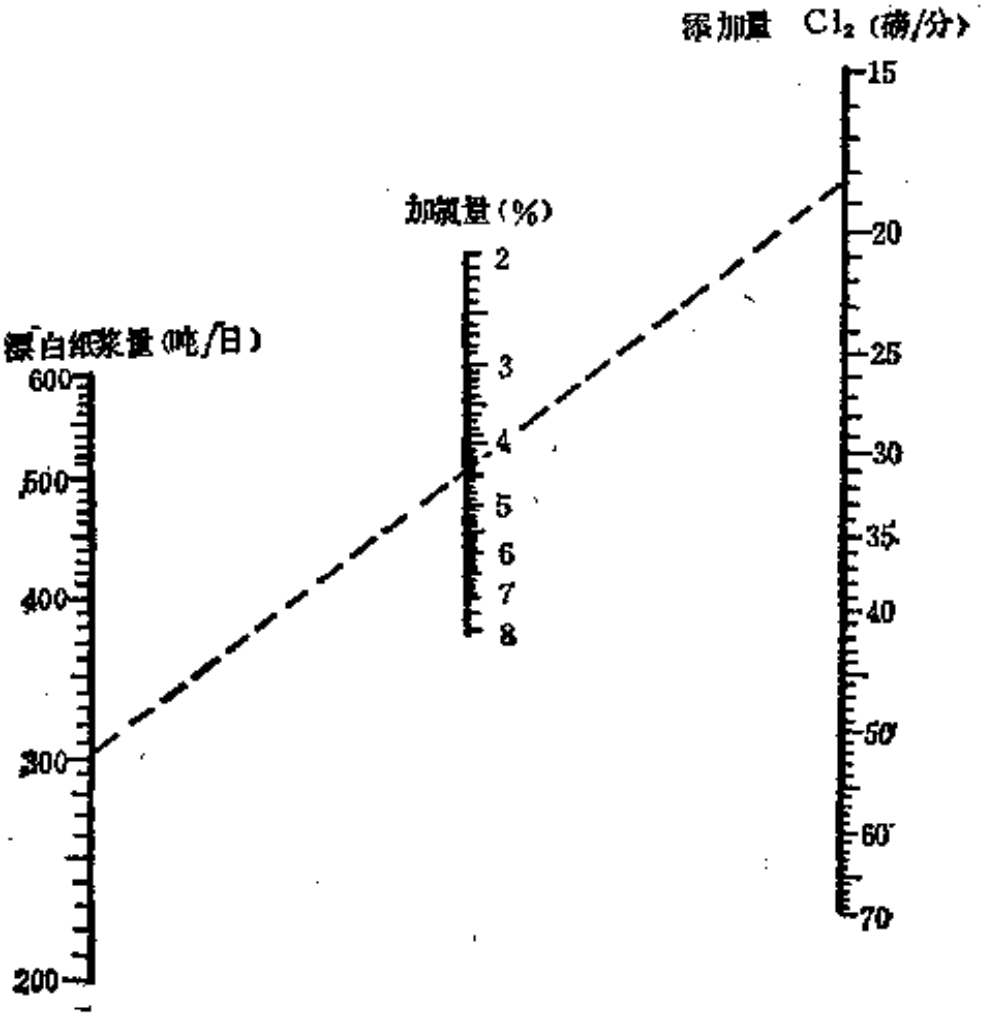


图 9-5-1　氯化时通氯量计算

$$\text{添加量(磅/分)} = \frac{\text{漂白浆量(吨/日)} \times \text{加入氯量(\%)}}{72}$$ 如折算成公斤/分钟时，再乘以$\frac{1}{2.2}$)

（三）碱处理时NaOH用量计算

见图　9-5-2。

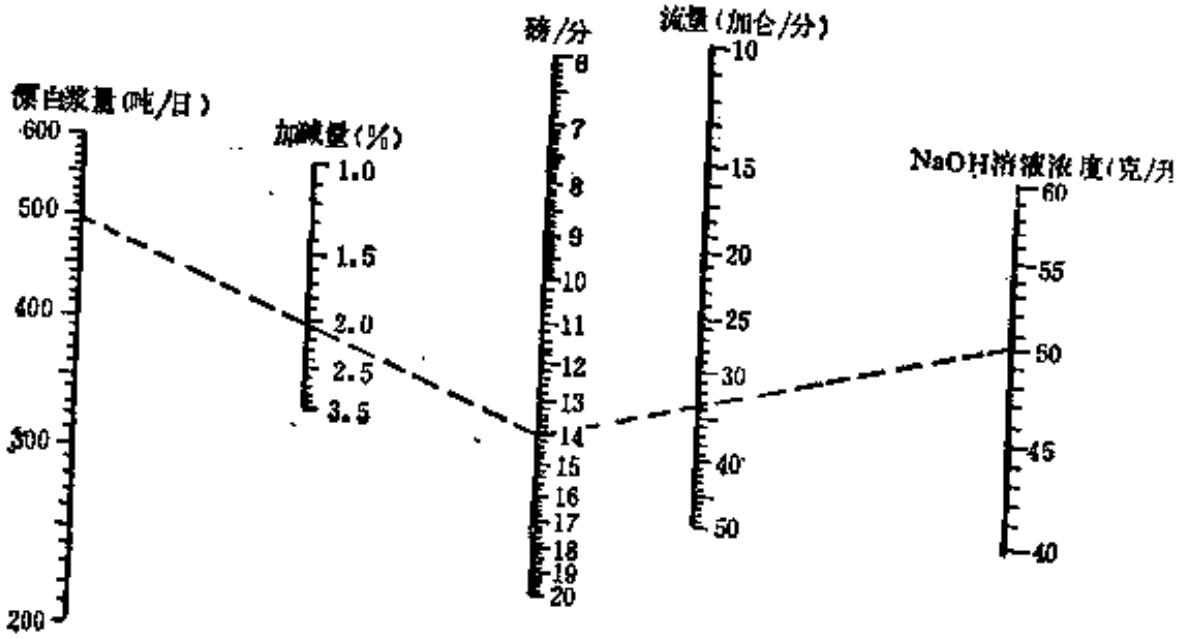


图 9－5－2　碱处理时NaOH用量计算

$$\text{流量(加仑/分)} = \frac{\text{漂白浆量(吨/日)} \times \text{加入碱量(\%)}}{\text{NaOH液度(克/升)}}$$

(如折算成 米³/分 时，再乘 0.0038)

（四）漂白时次氯酸钙漂液用量计算

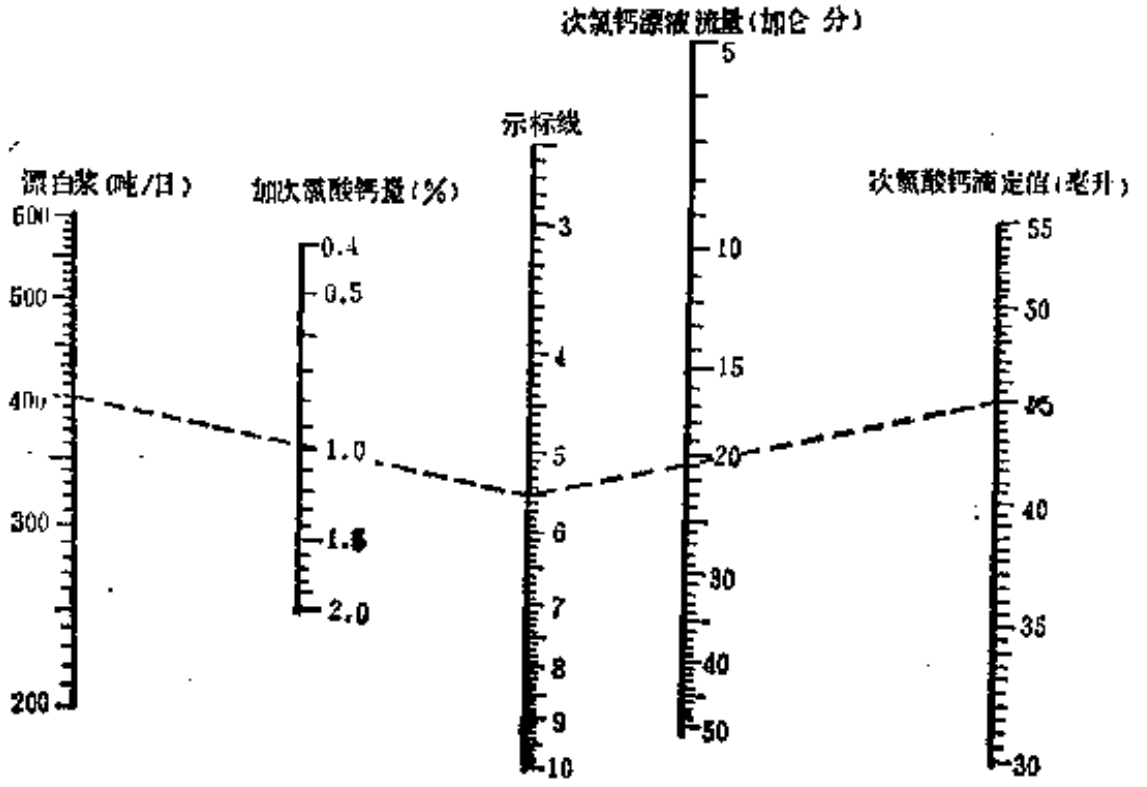


图 9－5－3　漂白时次氯酸钙漂液用量计算

$$\text{流量(加仑/分)} = \frac{2.35 \times \text{漂白浆(吨/日)} \times \text{加入次氯酸钙量(\%)}}{\text{次氯酸钙滴定值(毫升)}}$$

〔如流量(加仑/分)折算成米³/小时，将上值再乘0.2271〕

第六节　漂白用耐腐蚀材料

一、氯化系统

（一）干燥氯选用材料

（1）普通碳钢：

采用钢管作为输氯管，最经济，材料强度也好。切忌带入水分，否则很快腐蚀。

（2）铜：较软，多用在连接液氯钢瓶一段。

（3）萨冉树脂(Saran)，为聚偏氯乙烯树脂，可用它做内衬层。

硬质橡胶不适用。

（二）湿氯气选用材料

硬质橡胶、聚氯乙烯、萨冉树脂、铅、玻璃。

（三）浆氯混合器

（1）与纸浆接触部分可内衬硬质橡胶。

（2）搅拌辊可衬钛板或用含钼钛不锈钢(钛板不能用于干氯气)，普通不锈钢不适用。

（四）氯　化　塔

（1）钢板塔体内衬硬质橡胶，衬层厚度应在5毫米以上。

（2）混凝土塔体内衬耐酸砖，用聚酯树脂贴砖、勾缝。

（3）混凝土塔体内衬玻璃钢。

（4）采用混凝土塔时，必须注意施工质量，这种塔发生渗漏不易发现，往往发现时已严重腐蚀，修补比较困难。

（5）氯化塔搅拌器可衬硬橡胶或用钼钛不锈钢。

（五）洗　浆　机

（1）网笼用钼钛不锈钢，或与浆料接触部分内衬硬质橡胶。

（2）滤网可用含钼钛不锈钢，或用聚脂塑料网。

（3）水封槽可用耐酸砖，用聚酯树脂贴砖、勾缝。

（4）如用C/D法或Dc法时，不可用硬质橡胶。

（六）浆　　泵

壳体可内衬橡胶，叶轮用含钼钛不锈钢。

（七）阀门与管道

按不同使用点，可参照上述选用。但聚氯乙烯塑料管，有爆裂危险，可外包玻璃钢增强。

二、碱处理系统

（一）碱液贮存槽

（1）50%的浓NaOH，在常温时可用碳钢贮存。

（2）50%以上浓NaOH，温度＞60℃，应用不锈钢。

（3）稀NaOH可用碳钢，液面与空气接触部分腐蚀强，可局部内衬不锈钢。

（二）浆液搅拌混合器

机壳用普通钢，搅拌辊用不锈钢。

（三）碱处理塔

（1）多用钢板塔体，液面与空气接触处，可局部衬不锈钢。

（2）热NaOH液能使铁离子混入浆中，在制溶解浆或特种浆时，应内衬不锈钢。

（3）碱处理温度较高，橡胶容易老化，也不宜采用混凝土塔体。

（四）洗　浆　机

（1）槽体用普通钢，与浆料接触部分用普通不锈钢。

（2）在漂白系统中，如有D段废水渗入时，应选用含钼钛不锈钢。

（五）浆　　泵

机壳可用铸铁，叶轮用普通不锈钢。

（六）阀门与管道

与上述相应使用点同。

三、次氯酸盐漂白系统

（一）石灰乳液部分

所有槽体可用混凝土或钢板，管道、阀门、泵也用普通钢。

（二）漂液吸收部分

吸收槽、澄清槽、贮存槽等用混凝土槽体，内衬耐酸砖，用聚酯树脂贴砖、勾缝。也可用内衬硬质橡胶、聚氯乙烯、聚酯树脂。

泵机壳用铸铁，翼轮用钼钛不锈钢，或高硅铁。普通不锈钢使用期限不长。

管道用聚氯乙烯塑料管，阀门用塑料阀或含钼钛不锈钢阀。

（三）浆液混合器

与浆料接触部分可内衬硬质橡胶，搅拌辊用钼钛不锈钢。

（四）漂　白　塔

多用混凝土塔体，内衬耐酸砖，用聚酯树脂勾缝、贴砖。也可用钢板塔体内衬硬质橡胶、萨冉树脂。

（五）洗　浆　机

同氯化段洗浆机。

（六）阀门与管道

材料要求同上。

四、二氧化氯系统

（一）制备二氧化氯用化学药品

（1）$NaClO_3$溶液：用普通钢、铸铁均可，但$NaClO_3$为强电解质，槽体本身应和其它金属与地绝缘，否则会产生电化学腐蚀。

绝缘材料可用橡胶或氯丁合成橡胶。

（2）浓H_2SO_4溶液(93～98%)：钢和铸铁均可，但不能供稀释。也可用铅或硬聚氯乙烯内衬萨冉树脂。

（3）HCl溶液：可用硬聚氯乙烯、铅、内衬硬质橡胶，耐酸砖用聚酯树脂粘贴并勾缝，低浓时也可用木材。

（4）浓的SO_2和干燥SO_2氯体：可用钢。低温、低压时可用衬

铅、衬玻璃、衬耐酸砖和聚氯乙烯。高温高压时用钼钛不锈钢。

(5) NaCl溶液：低浓、常温可用钢。也可用聚氯乙烯、钢、铅、硬质橡胶、耐酸砖和木材。

(二) 二氧化氯的制备部分

(1) 二氧化氯反应发生器：可用耐酸搪瓷，内衬铅或玻璃。

(2) 二氧化氯吸收塔：可用硬聚氯乙烯，内衬玻璃或聚酯树脂。塔内填料、塔板和液气分离器可用化学陶瓷。所有连接处可用石棉绳、聚酯树脂密封。

(3) 二氧化氯溶液贮存槽：可用硬聚氯乙烯或内衬耐酸砖，用聚酯树脂贴砖、勾缝。

可用钼钛不锈钢，但不理想，使用寿命没有上述材料长。

(三) 二氧化氯漂白部分

(1) 浆液混合器：最好用钛或内衬钛板，目前钛仍为耐二氧化氯腐蚀的最好金属材料。

也可用钼钛不锈钢，使用期1～4年。或钢内衬增强玻璃树脂。

(2) 漂白塔：多用温凝土塔体，内衬耐酸砖，用聚酯树脂贴砖、勾缝。可用双酚A不饱和树脂贴耐酸砖，施工时需采取隔氧措施。

塔内搅拌器用钛。

(3) 洗浆机，与浆料接触部分用钼钛不锈钢，有用317不锈钢。

(4) 浆泵、加热器：用钼钛不锈钢。

(四) 二氧化氯耐腐蚀材料实际使用情况调查

1.第I部分——化学药品

表9-6-1　　耐氯酸钠腐蚀的情况

与介质接触的材料	修理周期（年）					
	溶解槽	溶液加热器	溶液贮存槽	管道	阀门	泵
316不锈钢	3.3	6.6	5.8	3.4	2.7	4.6
304不锈钢	(3～10)	0.8	4.8	I.D	I.D	1.3
普通不锈钢	I.D	—	—	4.7	3.7	2.5
中碳钢和铁	1.6	3.8	1.8	5.0	2.9	9.7
瓷砖	(6～15)	—	6.3	I.D	—	—
玻璃	0.9	—	5.0	—	—	(1～8)
混凝土	20.0	—	19.3	—	—	—
聚酯玻璃纤维	—	—	I. D	—	—	—
耐酸砖	I.D	—	I. D	—	—	—
铅	I.D	(2～5)	(2～5)	—	I.D	—
哈斯特合金C	—	I.D	—	—	—	—
黄铜和青铜	—	I.D	—	—	—	—
萨冉树脂	—	—	—	(2～7)	(3～13)	—
聚氯乙烯	—	—	I. D	—	I.D	—

上表说明：①I. D，表示数据不充分

②(3—10)，括号表示未修理过，第一个数表示设备台数，后一数表示总使用年限。

③3. 3：表示设备3.3年修理一次。

表9-6-2　　耐熔融硫和SO_2腐蚀情况

与介质接触的材料	修理周期（年）			
	贮存槽	管道	阀门	泵
316不锈钢	—	3.3	2.3	3.8
普理不锈钢	—	—	(3～12)	—
中碳钢和铁	23.5	29.0	1.3	—
橡胶	—	—	1.1	—
聚氯乙烯	—	—	I.D	—
铅	—	(2～7)	I.D	—

注，符号说明同表9-6-1。

表9-6-3　　耐硫酸腐蚀情况

与介质接触的材料	修理周期（年）				
	浓溶液		稀溶液		贮存混
	管道	阀门	管道	阀门	
316不锈钢	I.D	(4～10)	—	I.D	—
304不锈钢	I.D	I.D	—	—	—
普通不锈钢	I.D	7.5	—	—	—
中碳钢和铁	1.7	2.0	2.2	0.7	4.0
玻璃	(2～6)	I.D	I.D	I.D	—
橡胶	I.D	I.D	—	—	—
萨冉树脂	I.D	(3～12)	4.5	4.9	—
聚氯乙烯	—	I.D	I.D	—	—

注：符号说明同表9-6-1。

2.第II部分——二氧化氯的制备

表9-6-4　　二氧化氯反应器修理周期

与介质接触的材料	修理周期（年）			
	衬层	内部喷嘴	管道、阀门	泵
316不锈钢	—	—	—	I.D
普通不锈钢	—	—	—	I.D
衬玻璃	1.3	1.5	2.8	0.7
酯酸砖	2.0	—	—	—
哈斯特合金C	—	1.3	—	0.5
萨冉树脂	—	I.D	3.0	1.7
聚氯乙烯	—	1.5	2.1	I.D
陶瓷	—	—	—	I.D
铅	1.9	1.3	3.8	—
Durior	—	—	—	1.3

注：符号说明同表9-6-1。

表9-6-5　　二氧化氯废酸槽和吸收塔内衬修理周期

与介质接触的材料	修理周期（年）	
	废酸槽	吸收塔内衬
瓷　　砖	（2～11）	（10～36）
玻　　璃	2.6	（4～15）
聚酯玻璃纤维	（2～6）	（5～7）
耐酸砖	（3～13）	（11～52）
聚氯乙烯	1.2	—
陶　　瓷	—	I.D
铅	9.7	—
粗陶器	—	8.3

注：符号说明同表9-6-1。

表9-6-6　　管道和阀门修理周期

与介质接触的材料	修理周期（年）		
	ClO_2气体	ClO_2溶液	尾　　气
玻璃衬层	2.8	6.5	2.5
聚酯玻璃纤维	I.D	I.D	（9～34）
哈斯特合金C	—	I.D	～
萨冉树脂	3.5	8.2	17.7
聚氯乙稀	I.D	（3～7）	（3～11）
陶瓷	—	I.D	—
铅	4.0	—	1.0
Durion	—	I.D	—

注：符号说明同表9-6-1。

表9-6-7　　二氧化氯溶液贮存槽修理周期

与介质接触的材料	修理周期（年）	
	贮存槽	泵
316不锈钢	—	1.0
普通不锈钢	—	1.8
瓷砖	(6～23)	—
玻璃	2.7	1.6
聚酯玻璃纤维	I.D	—
耐酸砖	(11～42)	—
哈斯特合金C	—	I.D
萨冉树脂	I.D	—
聚氯乙烯	I.D	—
铅	I.D	—
粗陶器	—	2.6
Durion	—	1.4

注：符号说明同表9-6-1。

3.第Ⅲ部分——二氧化氯的源白

表9-6-6　　混合器修理周期

与介质接触的材料	修理周期（年）		
	内衬层	转子	内喷嘴
317不锈钢	I.D	I.D	I.D
陶瓷	—	—	I.D
玻璃衬层	—	—	I.D
聚酯玻璃纤维	I.D	—	I.D
哈斯特合金C	2.3	2.4	5.4
钛	(9～27)	(4～9)	(8～28)

注：符号说明同表9-6-1。

表9-6-9　　漂白塔修理周期

与介质接触的材料	修理周期（年）		
	内衬层	稀释喷嘴	搅拌器
316和317不锈钢	—	8.8	33.5
瓷砖	7.1	I.D	—
耐酸砖	(5.0)	—	—
哈斯特合金C	—	3.4	4.3
衬聚氯乙稀	I.D	I.D	—
钛	—	I.D	—

注：符号说明同表9-6-1。

表9-6-10　　洗浆机修理周期

与介质接触的材料	修理周期（年）			
	网鼓	衬网	面网	槽
316和317不锈钢	61.0	6.9	2.3	(5～20)
瓷砖	—	—	—	7.2
橡胶	I.D	—	—	—
聚酯玻璃纤维	—	—	—	I.D

注：符号说明同表9-6-1。

表9-6-11　　管道和阀门修理周期

与介质接触的材料	修理周期（年）	
	浆管	白水管
316和317不锈钢	5.9	8.4
普通不锈钢	I.D	—
衬玻璃	2.7	I.D
衬橡胶	—	2.0
聚酯玻璃纤维	(3～6)	(2～9)
哈斯特合金C	I.D	—
衬聚氯乙烯	I.D	I.D

注：符号说明同表9-6-1。

五、过氧化物系统

过氧化物遇重金属铜、铁、镁、镍等，会加速过氧化物的催化分解。因此，该系统金属材料的选择，不仅要耐腐蚀而且要考虑对漂白的影响。

制漂液部分最好用铝和陶瓷，也可用不锈钢、聚乙烯或其它塑料。

所用搅拌器可用钼钛不锈钢。

漂白塔可内衬瓷砖，用聚酯树脂贴砖、勾缝。

六、连二亚硫酸盐系统

选用含钼钛不锈钢。木制容器也可使用。

不锈钢型号。如表9-6-12、表9-6-13、表9-6-14所示。

表9-6-12　　日本不锈钢牌号

成分 / 牌号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SUS 27	≤0.06	≤0.80	≤2.00	≤0.035	≤0.03	8.0 ~11.0	17.0 ~19.0	—
SUS 28	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.03	8.0 ~12.0	18.0 ~20.0	—
SUS 32	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.03	10.5 ~12.5	16.5 ~18.5	2.0 ~2.5
SCS 13	≤0.08	≤1.5	≤2.00	≤0.050	≤0.04	8.0 ~11.0	18.0 ~21.0	—
SCS 14	≤0.08	≤1.5	≤2.00	1	≤0.04	10.0 ~14.0	17.0 ~20.0	2.0 ~3.0

注：SUS表示扁延，SCS表示铸钢。

表9-6-13　　美国不锈钢牌号

成分 / 牌号	Cr	Ni	Mo	C	Fe
316	16～18	11～14	2～3	0.08	平衡
317	18～20	11～14	3～4	0.08	平衡
304	18～20	8～11	—	0.08	平衡
310	24～26	19～22	—	0.08	平衡
HOSt F	21～23	44～47	6.6	0.08	平衡

表9-6-14　　中国、美国、日本不锈钢牌号近似对照

中　国　(YB)	美　国　(AISI)	日　本　(JIS)
OCr18 Ni9	304	SUS 27
OOCr19 Ni10	304L	SUS 28
Cr25 Ni20	310	SEH5
OCr17 Ni13 Mo3Ti	317	—
OOCr17 Ni14 Mo2	316	SUS 32
ZG1 Cr18 Ni9(JB)	—	SUS 13
ZGCr18 Ni12 Mo2Ti(JB)	—	SCS 14

第七节　漂白设备

一、浆和化学药品混合设备

(一) 喷射式浆氯混合器

1. 作用原理

与水力喷射泵相似，浆料从渐进管流入，速度增加，氯被吸入与浆料混合，然后从扩散管流出。

2．设备简图

见图9-7-1。

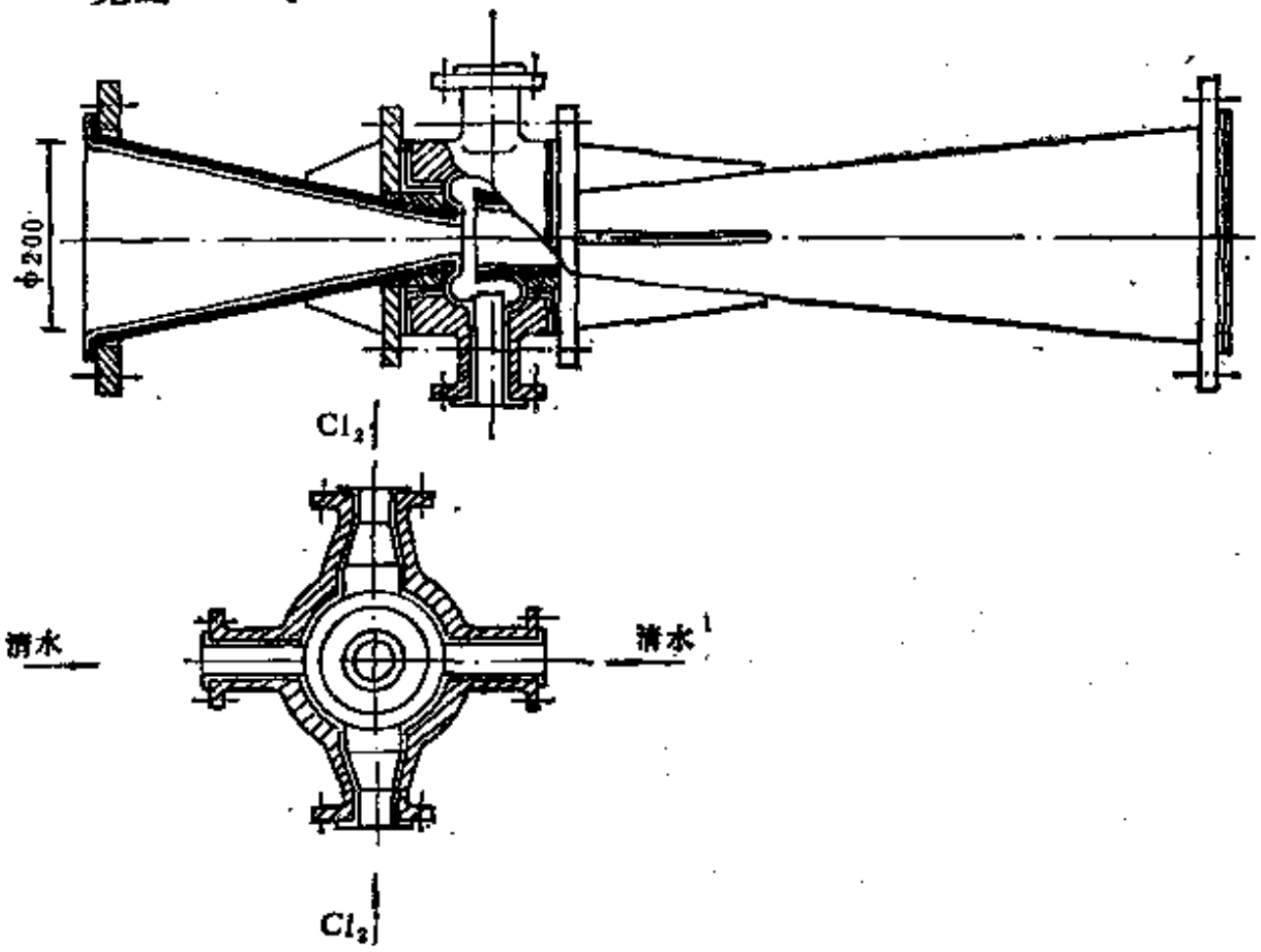


图9-7-1　喷射式浆氯混合器

3．技术特征

生产能力	40～50吨/日
进浆压力	3.5～5公斤/厘米^2
喷口流速	24～28米/秒
工作温度	常温
清水压力	2公斤/厘米^2
材料	内衬硬质橡胶

（二）涡轮式浆氯混合器

1．作用原理

利用涡轮搅拌使浆料混合，浆与氯气同时进入，经涡轮沿器

壁呈涡流旋转，朝出浆口流出。

2．设备简图

见图9-7-2。

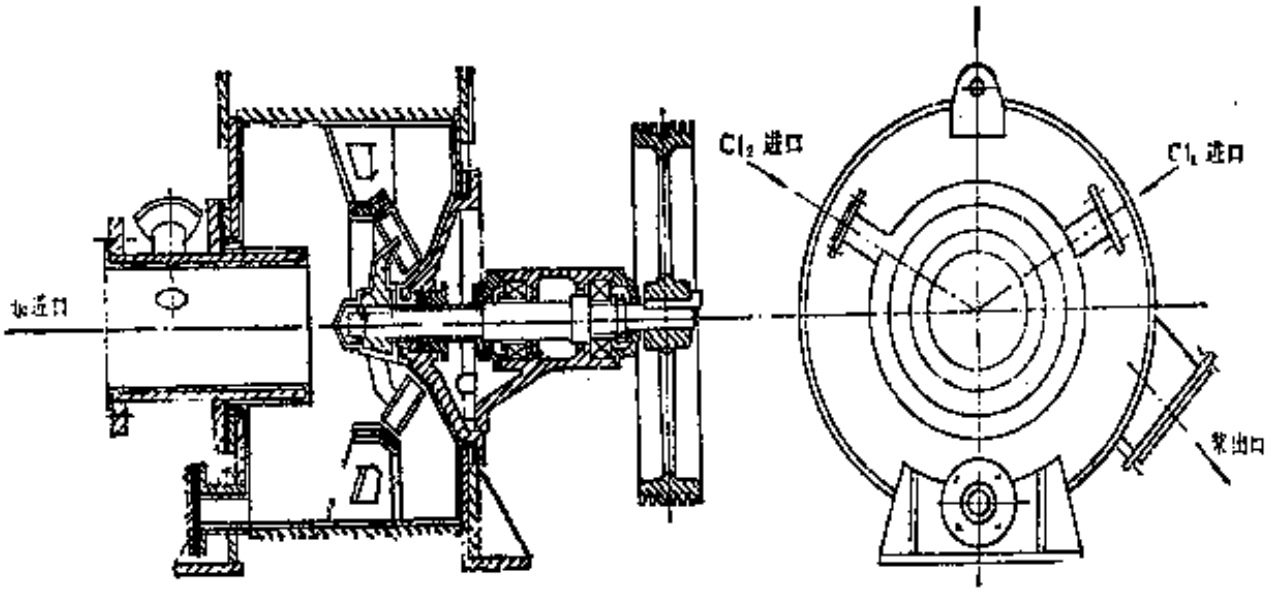


图9-7-2　涡轮式浆氯混合器

3．技术特征

进浆浓度	2.5～4%
工作压力	＜1公斤/厘米^2
氯气压力	≤1公斤/厘米^2
工作温度	常温

4．设备特征(ZPHI型涡轮式浆氯混合器)

涡轮直径	590毫米
电动机	JO_3-160M-8，11千瓦1台
材料	内衬硬质橡胶

(三) 单辊混合器

浆料从上部进入，由搅拌辊前端的螺旋送入，搅拌辊由若干对搅拌杆焊接成，筒体中部内壁焊有三对固定片。

1．设备简图

见图9-7-3。

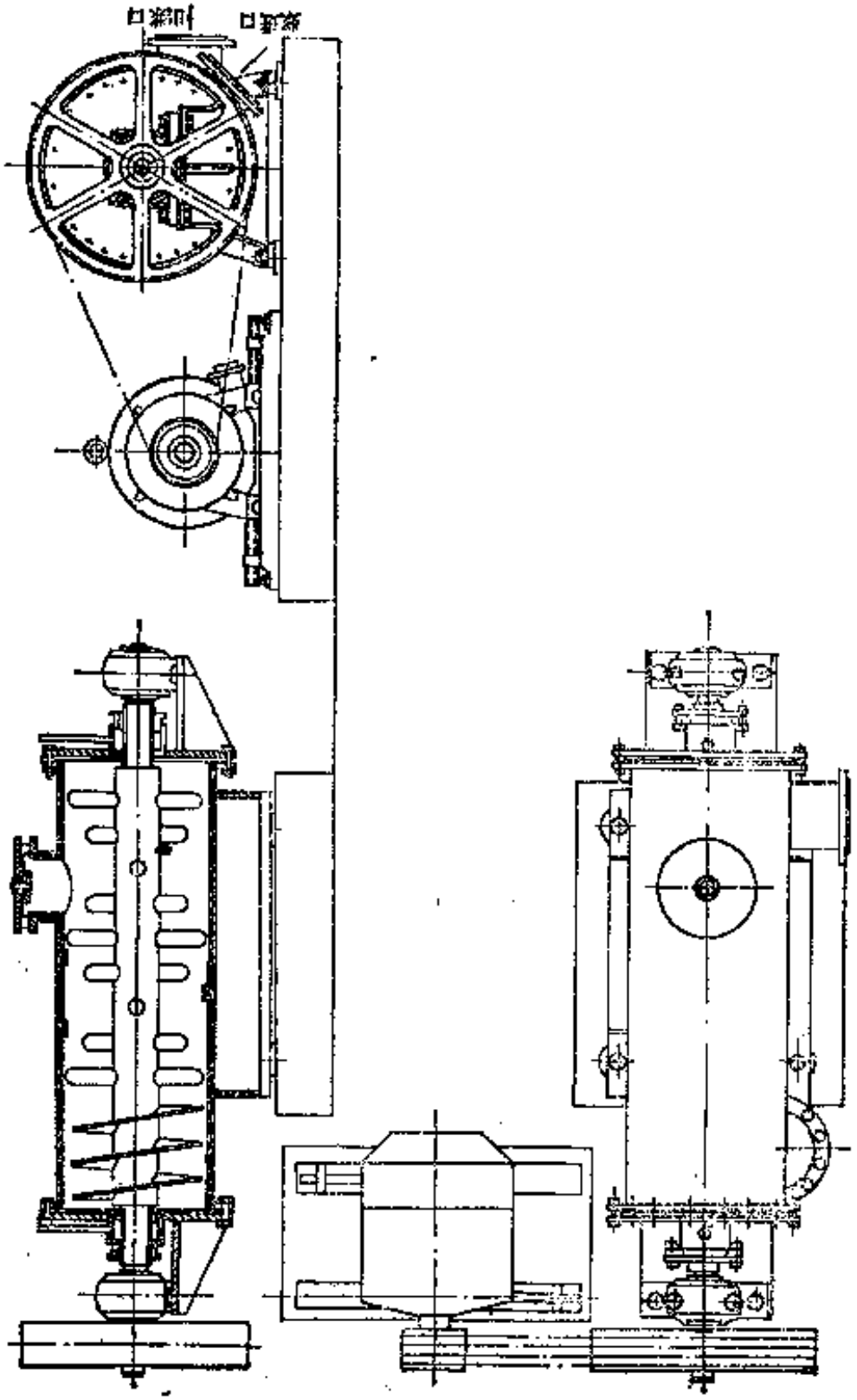


图9-7-3　单轴混合器

2．技术特征

浆料浓度　2～4%(氯化用)

<8%(漂白或加热用)

工作温度　常温(氯化用)

<100℃(加热用)

工作压力　1.5公斤/厘米²

3．设备特征

型号	ZPH 11	ZPH 12
筒体尺寸	ϕ500×1500毫米	ϕ500×1500毫米
生产能力(吨/日)	20～40	50～80
搅拌辊	195转/分	200转/分
进浆管/出浆管	ϕ200/ϕ200毫米	ϕ300/ϕ300毫米
进氯或进汽管	ϕ25×2(氯)	ϕ90×2(汽)
电动机	JO$_3$-160M-8,11千瓦	JO$_3$-190L-8,15千
材料	包胶	

(四) 虎克式 (Hooker)浆氯混合器

由氯水喷射器和浆氯混合器两部分组成。

1．喷射器部分

将氯气里微小的气泡分散在水介质中，用氯水混合浆料，比较均匀。

(1) 设备简图：见图9-7-4。

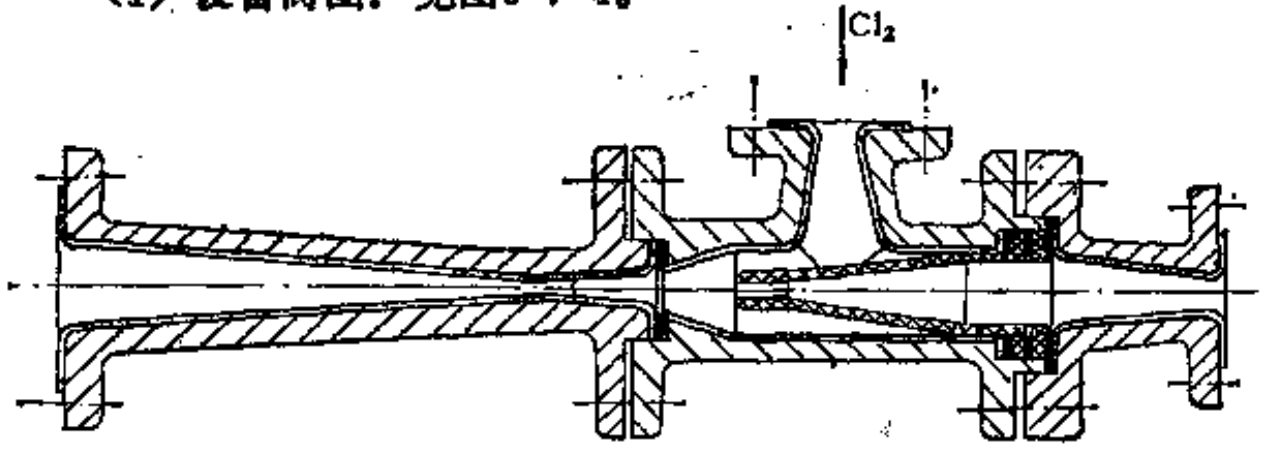


图9-7-4　虎克式浆氯混合器喷射器

(2) 技术特征：

进水压力　　10.5公斤/厘米^2

通过喷射器压降　　7～8.8公斤/厘米^2

开机时先开高压水，停机时待氯关闭1～2分钟后再关水。

2．混合器部分

浆料与氯水从上部进入，顺旋涡而下并形成局部涡流，浆料通过齿条、圆孔及小辊时，产生搅拌作用。

(1) 技术特征：

进浆浓度　　3～3.5%

每节长度　　3英尺(0.915米)、9英尺(2.745米)两种

最少节数：

硫酸盐浆　　3英尺(0.915米)×6或9英尺(2.745米)×2

亚硫酸盐浆　　3英尺(0.915米)×3或9英尺(2.745米)×1

通过时间　　4～10秒

压力降　　0.15～0.25公斤/厘米^2·米

最高混度　　60℃

(2) 设备简图：见图9-7-5。

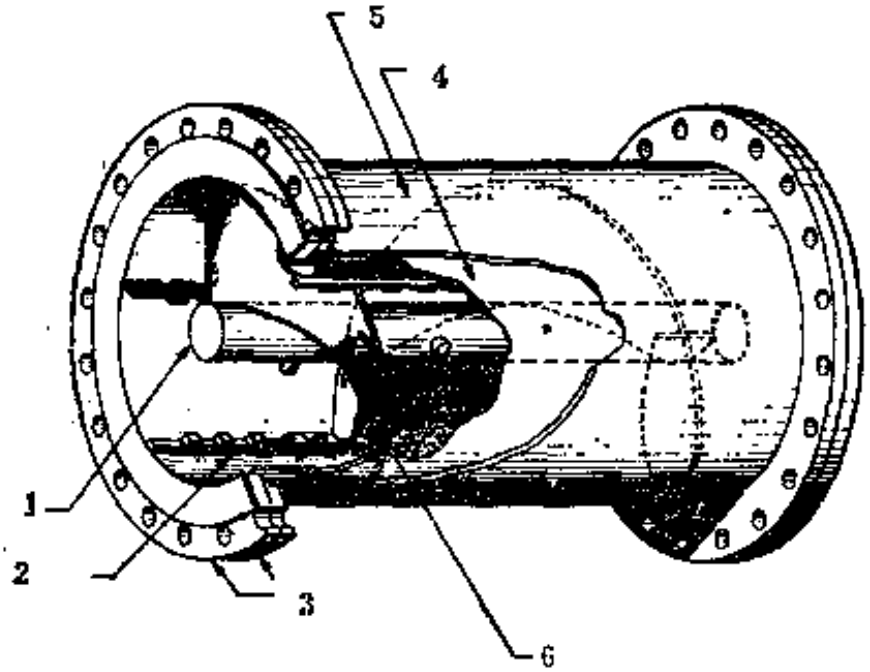


图9-7-5　虎克式浆氯混合器

1—轴　2—齿条　3—保护法兰　4-6毫米内衬橡胶　5—钢壳、6—9毫米间距

(3) 虎克式浆氯混合器系统如图9-7-6所示。

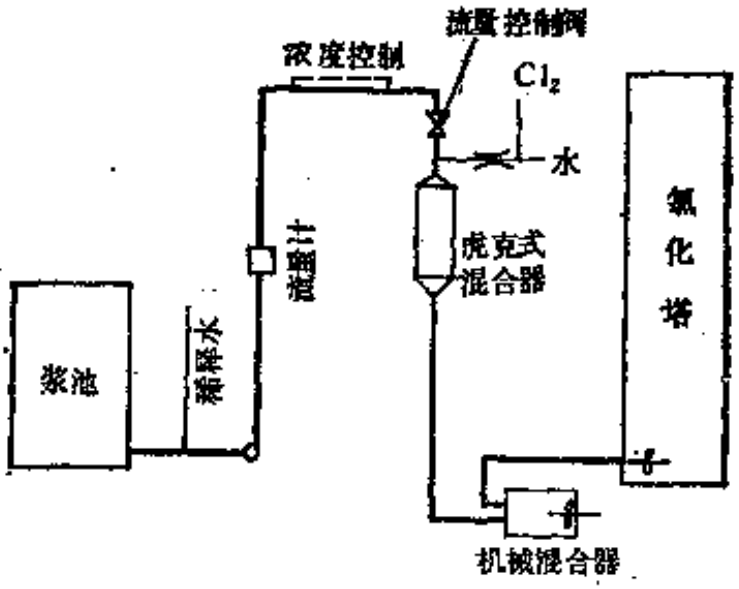


图9-7-6 虎克式浆氯混合器系统示意图

(五) 潘索尔特(Pennsalt)浆氯混合器

由氯气扩散器和浆氯混合器两部分组成。

1. 氯气扩散器部分

将压力水通过一特别喷嘴，靠喷嘴处的负压吸入氯气，并使之分散成无数微小的气泡，悬浮于水中。

(1) 设备简图：见图9-7-7。

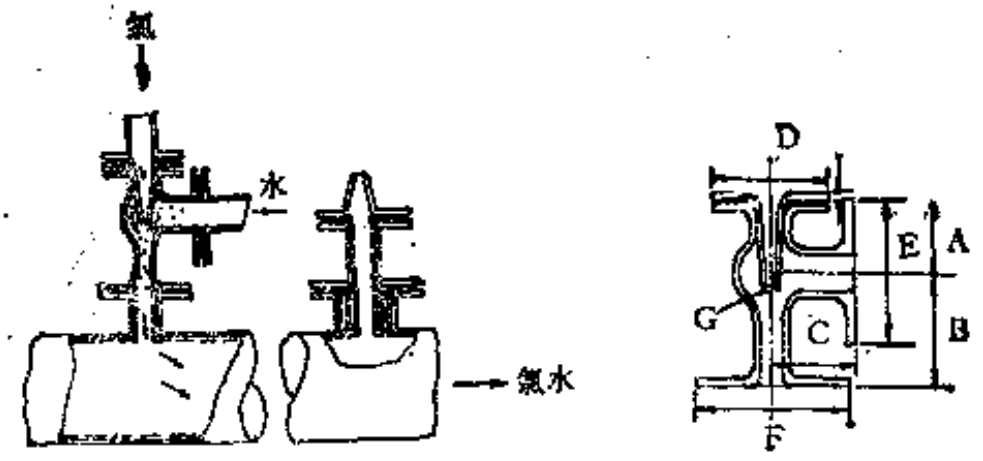


图9-7-7 氯气扩散器

(2) 技术特征：

进水压力　　2.1～3.5公斤/厘米^2

氯与水用量　　1:17～25

(3) 喷嘴流量如表9-7-1所示。

表9-7-1　　不同直径喷嘴流量(升/分)

水压（公斤/厘米^2）	喷嘴直径（毫米）						
	6.3	9.5	12.7	15.9	19	22.2	25.4
1.75	34.1	79.6	143.6	208	295	405	522
2.13	37.8	87.2	159	227	329	450	587
2.46	41.6	94.6	170.5	246	359.5	492	643
2.81	45.5	102.3	181.7	261	386	530	688
3.52	53	109.8	200.4	287.5	432	587	757

(4) 扩散器规格与能力：见表9-7-2。

表9-7-2　　扩散器规格与能力

氯量（公斤/分）	水流量（升/分）	尺寸（毫米）						
		A	B	C	D	E	F	G
0.45～3.18	22.1～75.7	70	88	82.5	127	127	162	6.3
2.27～11.3	56.8～265	89	146	108	152	190.5	190.5	9.5
9.1～18.2	189～378.5	105	194	124	178	216	216	9.5
13.6～27.3	284～569	127	280	140	190.5	229	229	12.7

2. 浆氯混合器部分

浆料以顶部的一侧向下流，绕过下面的隔墙开口，以另一侧向上流，部分浆料从顶部的出浆口流出，其余浆料被搅拌叶仍送回到进浆口再循环，可达4～6次，浆料停留时间90秒。

设备简图见图9-7-8。

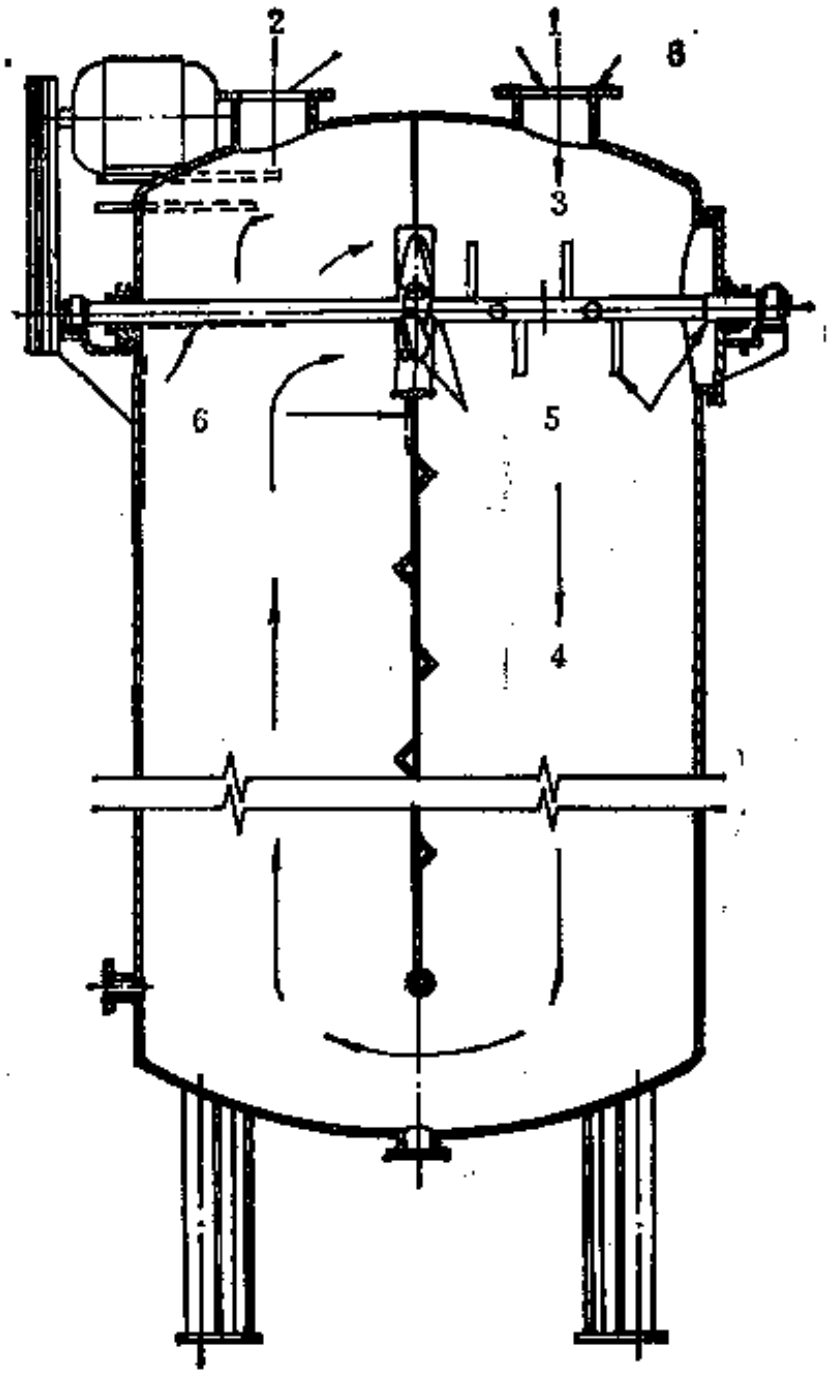


图9-7-8　浆料混合器

1—进浆口　2—出浆口　3—混合区　4—初反应区　5—哈斯特C合金材料
6—衬层9毫米(3/8″)

（六）静态混合器

由含有若干螺状挡板的一段管道组成。两相邻螺状挡板错开90°，如图 9-7-9 所示。浆料通过每一螺状挡板时即被分割成两部分，而后又混合。为此，通过不断分割混合，达到均匀混合的目的。目前静态混合用于浆氯的混合。

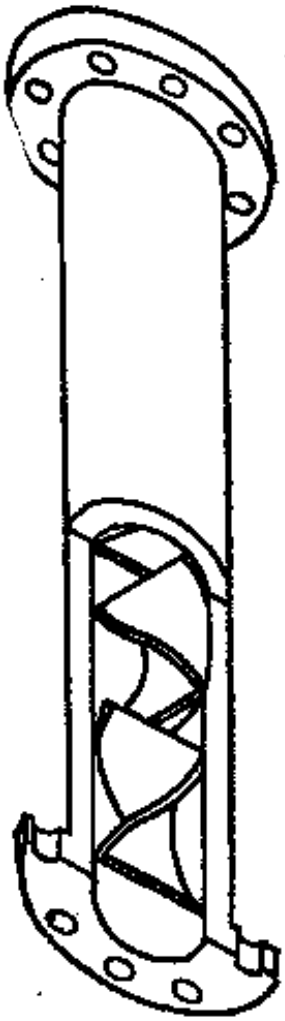


图9-7-9　静态混合器

（七）中浓浆氯混合器

浓度100%左右的浆料在高剪切应力下呈现液体状态，这时将氯气垂直地吹到浆料薄层中混合效果很好，如图 9-7-10所示。中浓浆氯混合器的出现为高温、中浓、短时间氯化创造良好条件，使氯化段也能在置换漂白塔中进行。

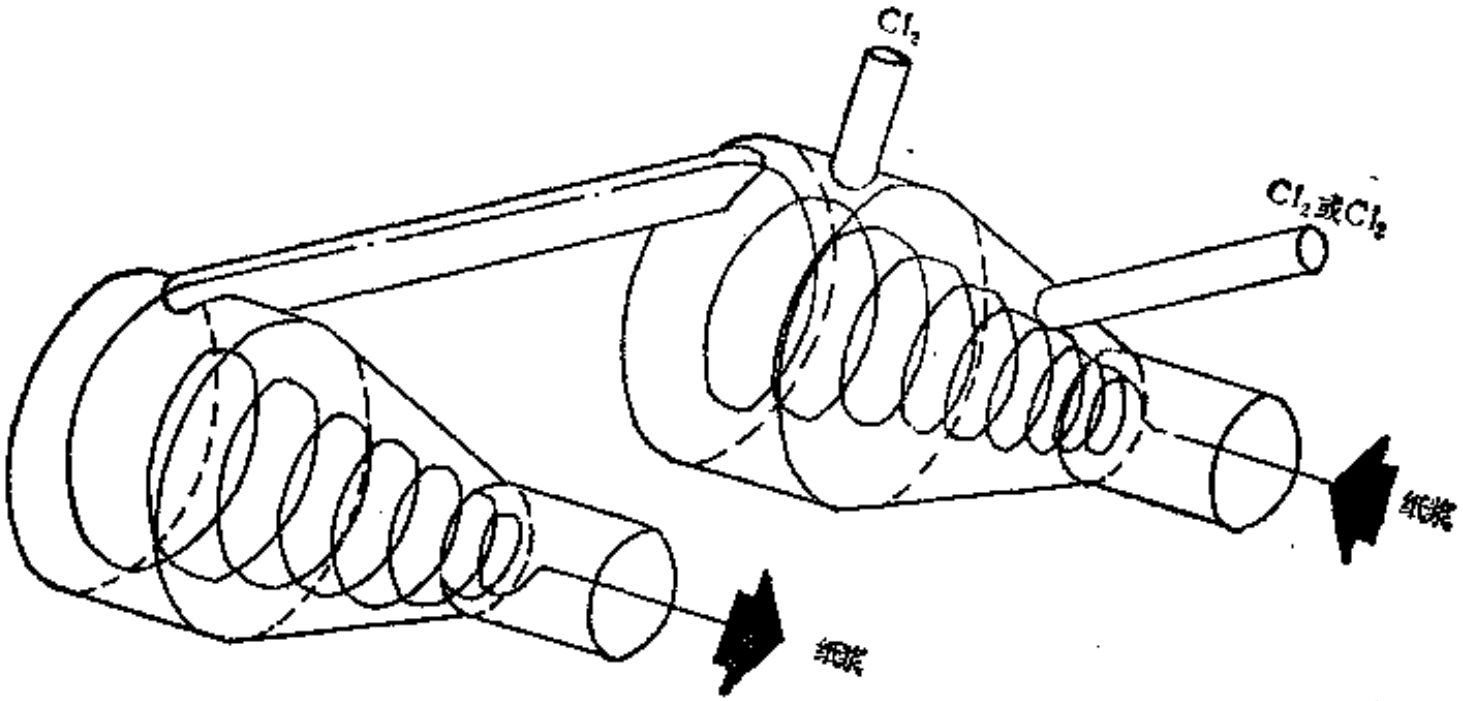


图9-7-10　中浓浆氯混合器

（八）双辊混合器

两个带搅拌臂的辊子，在锥形椭圆体内旋转，使浆料和加入的药液、蒸汽均匀混合。

1．设备简图

见图9-7-11。

2．技术特征

浆料浓度　＜80%

工作温度　＜100℃

3．设备特征

型号	ZPH_{21}	ZPH_{22}	ZPH_{23}
生产能力(吨/日)	30～50	60～100	100～150
壳体规格(毫米)	∅500/600×1200	∅580/760×1770	Φ600/750×2400
搅拌辊转速(转/分)	315/350	280/288	315/350
进浆口(毫米)	250×345	400×400	400×500
出浆口(毫米)	250×345	350×500	400×500
电动机(千瓦)	JO₃—180M—6 18.5	JO₃—180L—6 15	JO₃—200M—4 40

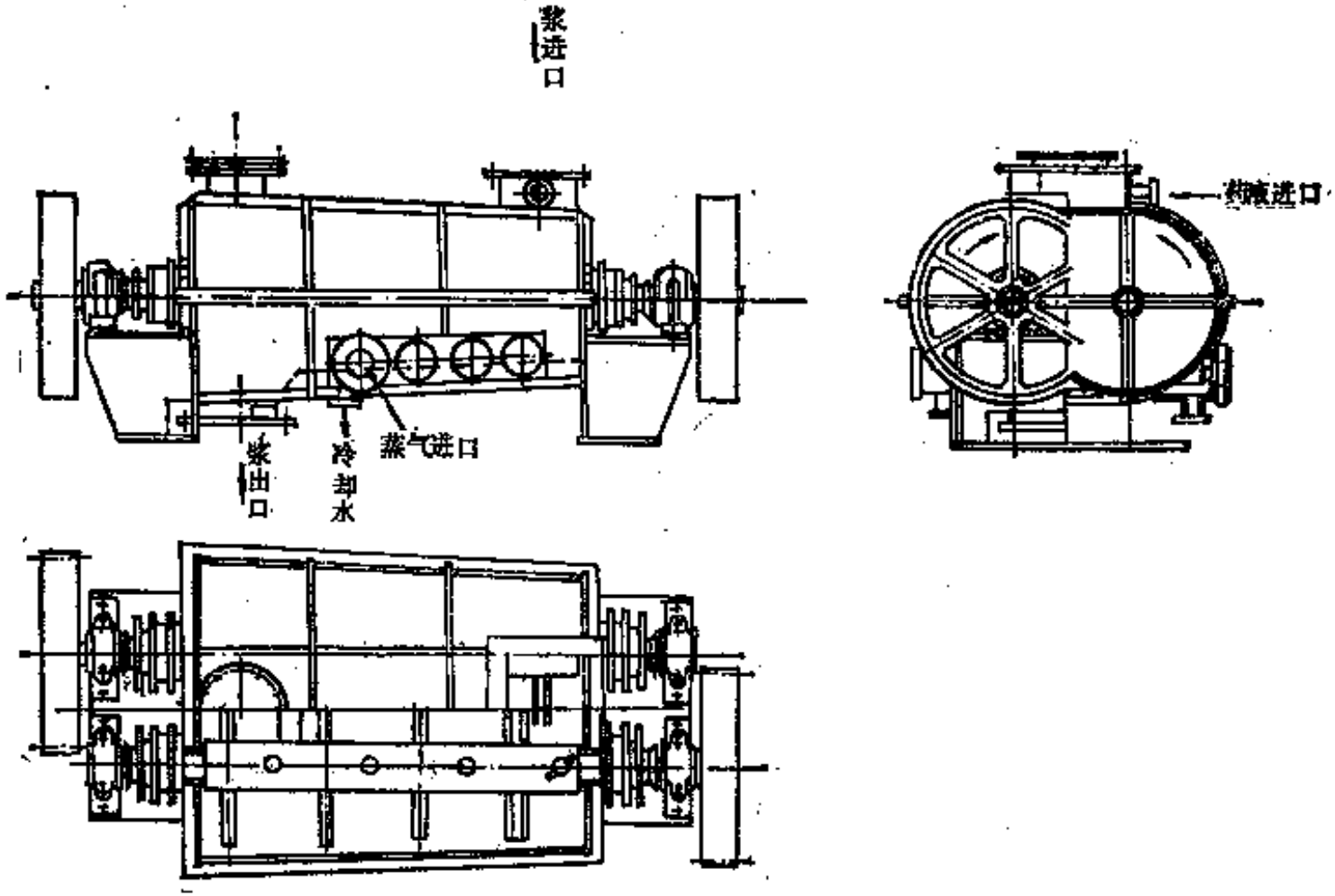


图9-7-11　双辊混合器

二、漂 白 塔

(一)升 流 塔

1. 使用对象

氯化和二氧化氯漂白塔多用升流塔，因为浆料以塔底进入，在塔内浆料静压力作用下，可防止氯气或二氧化氯气体逸出。

2. 低浓升流塔

用于氯化段。浆料以切线方向从塔底进入，靠泵的压力上升，塔内搅拌器给予浆料回旋搅拌，以减少局部停浆短路，出塔时，利用环形喷水管均匀出料。

(1) 设备简图：见图9-7-12。

(2) 氯化塔的主要特征和规格

表9-7-3 氯化塔主要特征及规格

项目 \ 型号	ZPT 1	ZPT 2	ZPT 3	ZPT 4	ZPT 5
生产能力(吨/日)	20～30	40～60		70～90	100～120
容积(米³)	40 48 55 62	70 80	85	110	162
浆料浓度(%)	2～3	2～3		2～3	2～3
直径(毫米)	2200	2500	2800	3200	3800
高度(毫米)	11500 13500 15500 17500	15500 17500	15500	17800	18800
材质	钢板衬胶	钢板衬胶		水泥衬耐酸砖	水泥涂环氧树脂
电机	JO₂-180M-6, 18.5千瓦	JO₂-180M-6, 18.5千瓦		JO₂-180L-6, 22千瓦	JO₂-180L, 6, 22千瓦
循环器(毫米)	ϕ600	ϕ600		ϕ750	ϕ750二台
针形阀(毫米)	25×4	25×4		25×4	40×4

3. 高浓升流塔

适用于二氧化氯漂白，高浓浆料利用泵或压缩空气的推力从

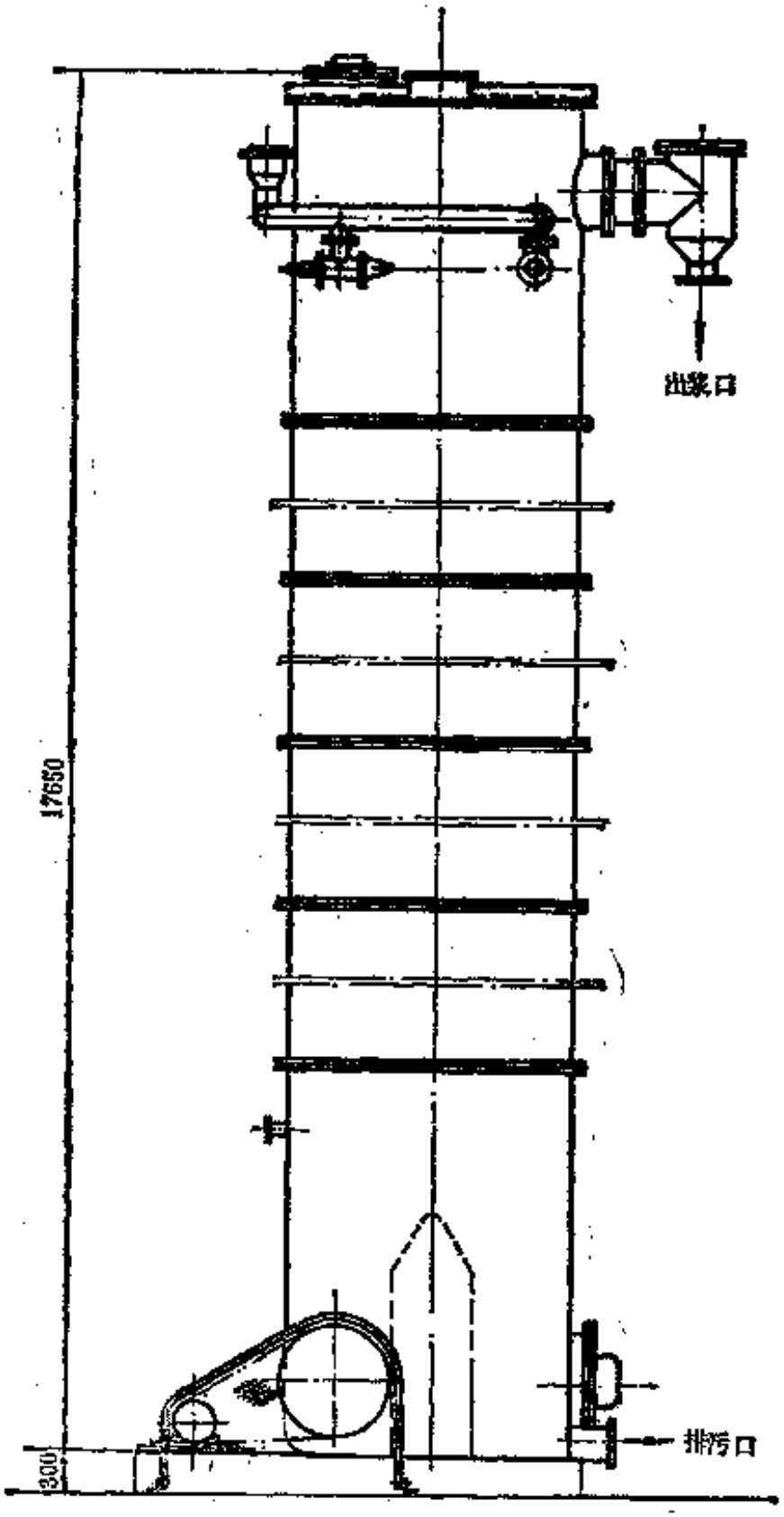


图9-7-12　低浓升流塔

塔底进入，在塔底中央设有导流锥体，使浆料均匀分布，徐徐上升的浆料至塔顶被刮料器刮出。

(1) 流程：见图9-7-13。

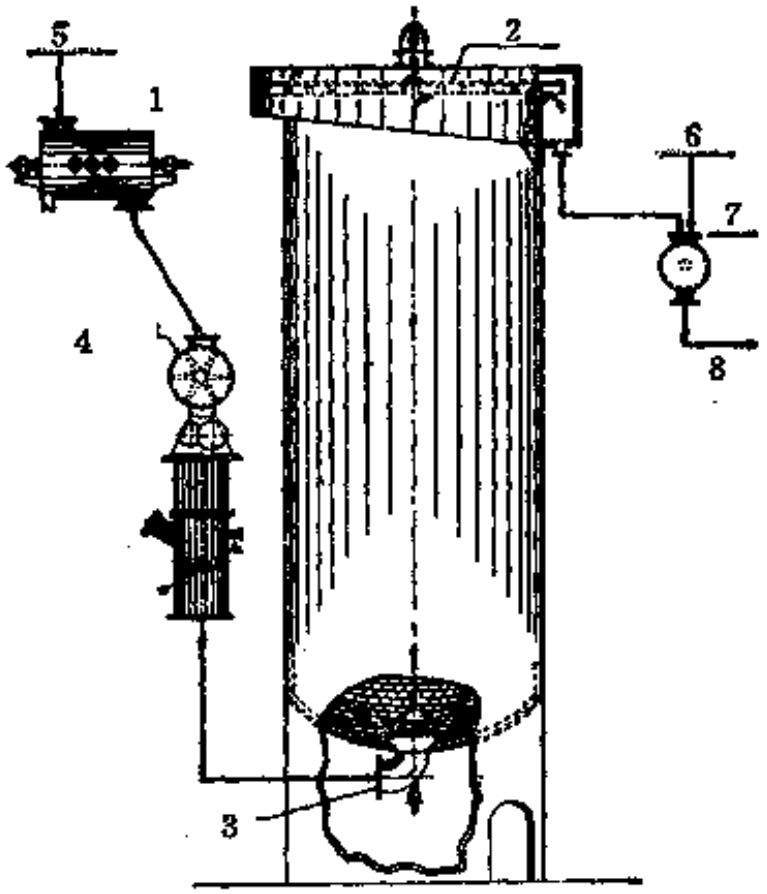


图9-7-13 高浓升流塔流程

1—双辊混合器 2—刮浆器 3—射流混合器 4—压缩空气给料器
5—浆料 6—白水 7—混合器 8—去洗浆机

(2) 设备简图：见图9-7-14。

4. 升降流塔

适用于二氧化氯漂白，这种漂白塔又分两种型式，即升降流在同一塔内和升流部分在塔外两种。

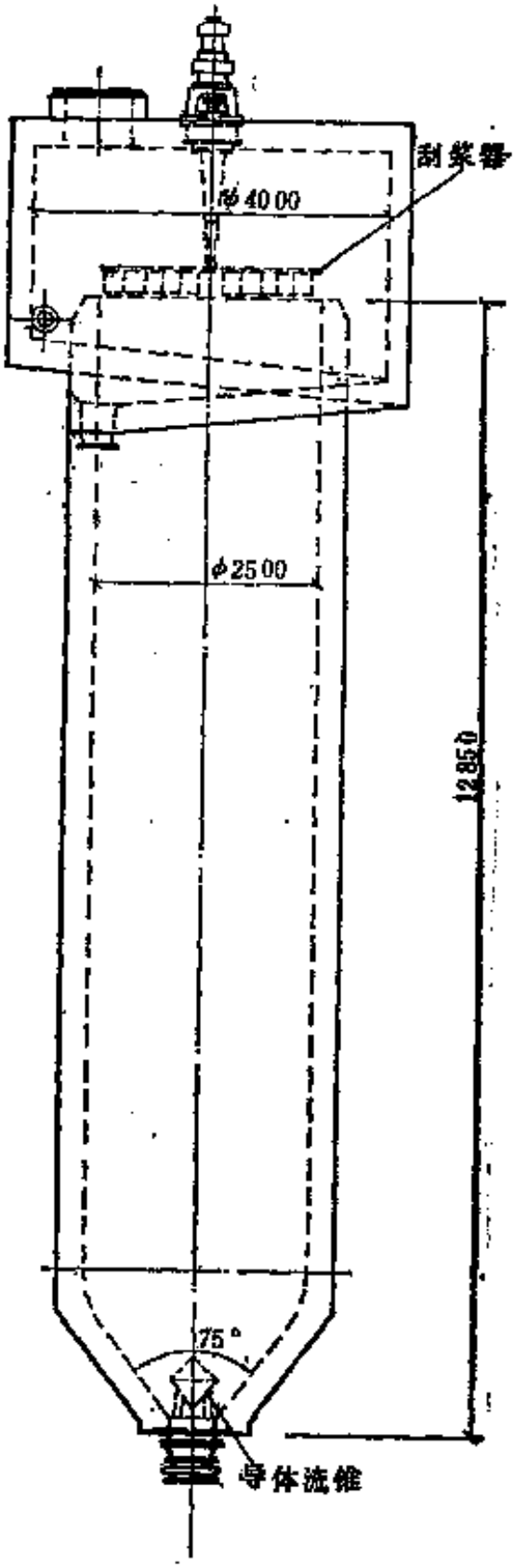


图9-7-14　高浓升流塔

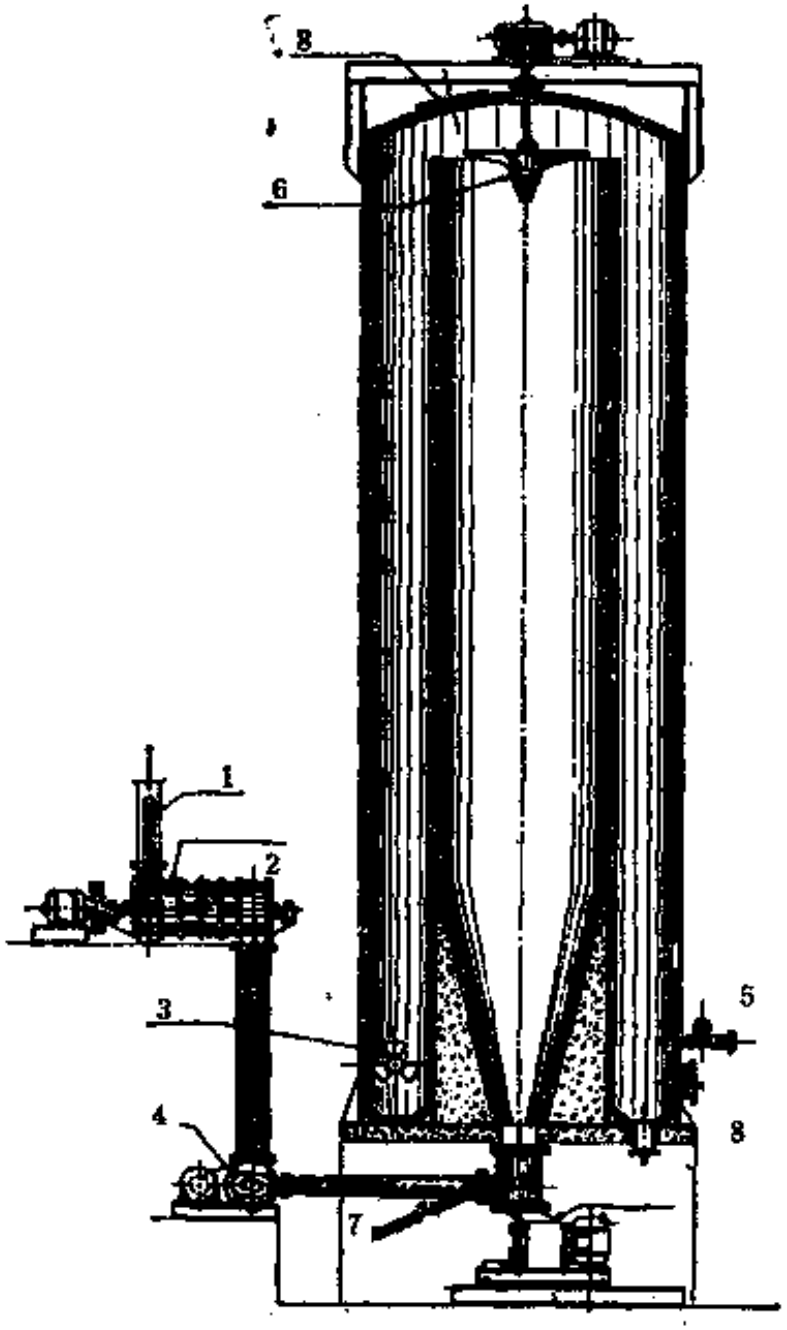


图9-7-15　在同一塔体内的升降流塔

1—蒸汽管　2—单辊混合器　3—循环器　4—浆泵　5—稀释喷嘴　6—刮浆器　7—药液加入口　8—人孔

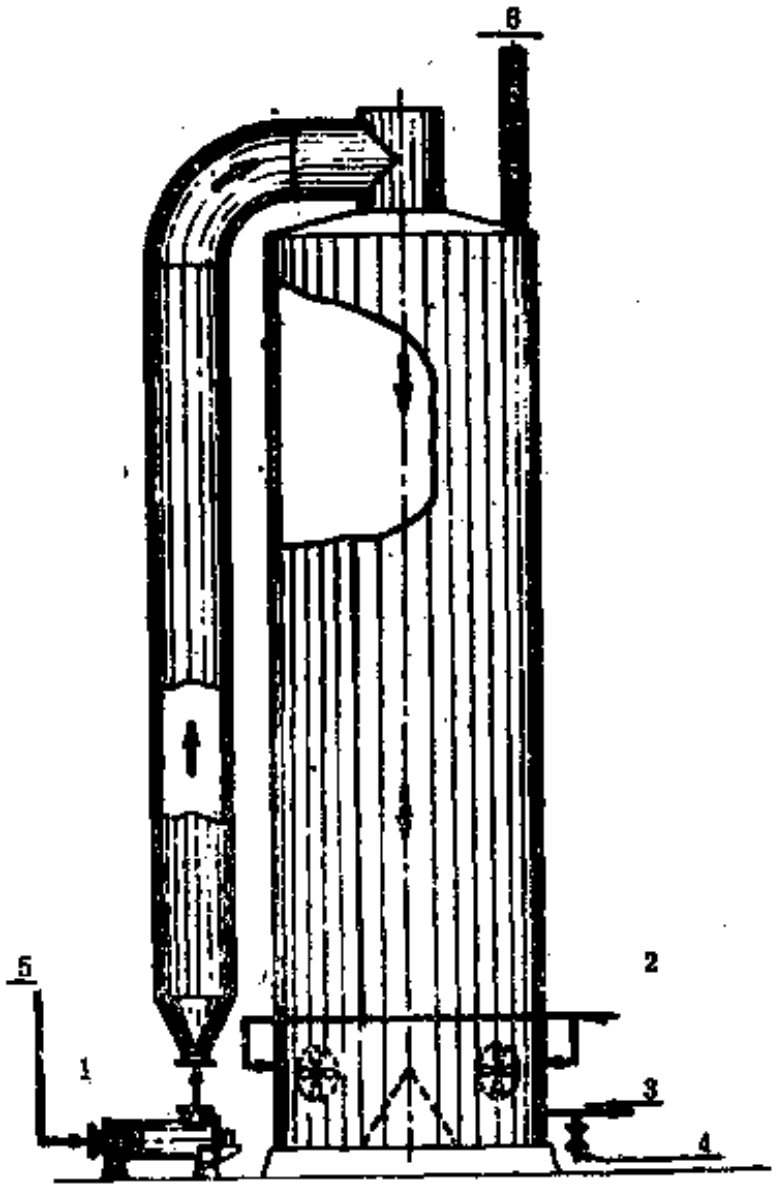


图9-7-16　具有升流管的降流塔

1—二氧化氯混合器　2—稀释喷嘴　3—接浆泵　4—排污　5—浆料　6—吸收器

（二）降　流　塔

1．使用对象

多用于碱处理、次氯酸盐漂白、过氧化氢漂白，浆料可利用楼层高度、由真空洗浆机下料，直接落入塔内，当然也可用高浓浆泵注入。

2．设备简图：见图9-7-17。

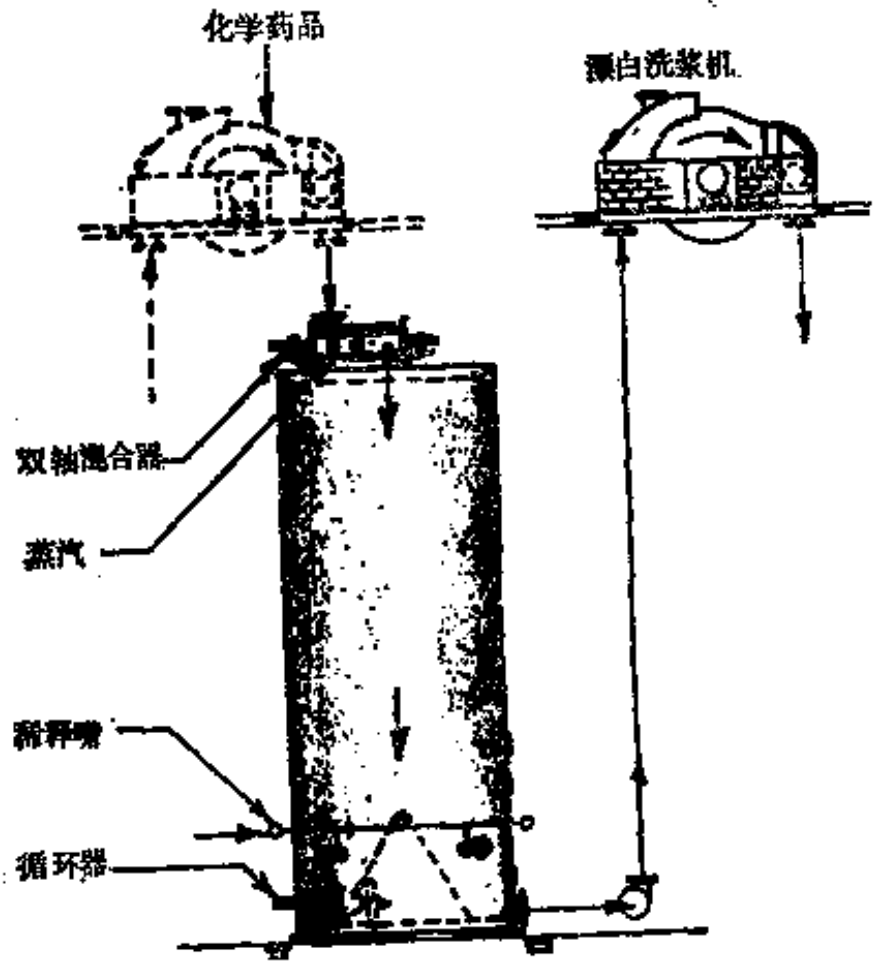


图9-7-17　降流塔

3. 降流碱处理塔的主要特征和规格

表9-7-4　　降流碱处理塔主要特征和规格

项目 \ 型号	ZPT 11	ZPT 12	ZPT 13	ZPT 19	ZPT 14
生产能力（吨/日）	20～30	40～60	70～90		100～120
容积（米）	28 \| 32 \| 36	35 \| 40 \| 45		63	105
浆料浓度（%）	8～10	8～10	8～10		8～10
直径（毫米）	2200	2800	3200	3600	3500
高度（毫米）	9000 \| 10000 \| 11000	9000 \| 10000 \| 11000	10000	9000	11000
材料	钢板	钢板	水泥涂树脂 钢板		水泥涂树脂
电动机	JO$_2$-180M-6，18.5千瓦	JO$_2$-180M-6，18.5千瓦	JO$_2$-180L-6，22千瓦		JO$_2$-180L-6，22千瓦二台
循环器（毫米）	ϕ600	ϕ600	ϕ750		ϕ750二台
针形阀（毫米）	ϕ25　4个	ϕ25　6个	ϕ25　6个		ϕ40　6个

4. 降流漂白塔的主要特征和规格

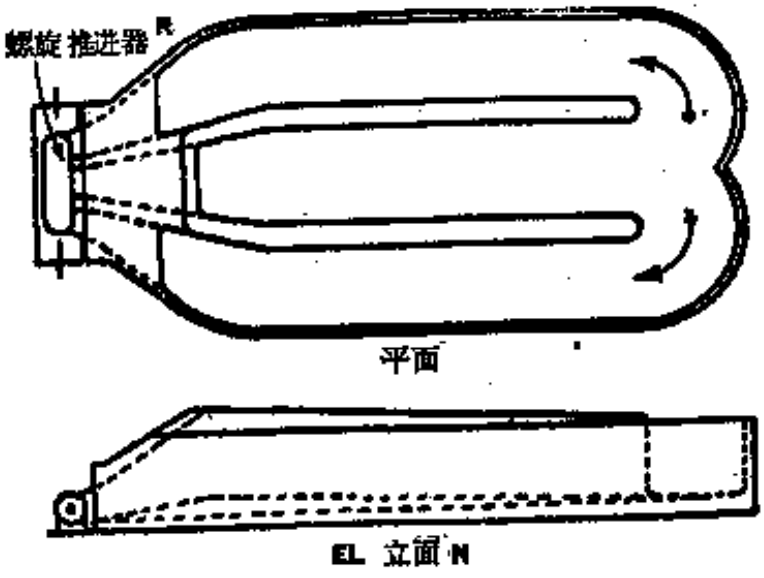
表9-7-5　　降流漂白塔的主要特征及规格

项目 \ 型号	ZPT 21	ZPT 22	ZPT 23	ZPT 24
生产能力(吨/日)	20～30	40～60	70～90	100～120
容　积	任意			
直径(内径)(毫米)	2500	2800(底部)	3200(底部)	3500(底部)
高度(毫米)	任意			
材　质	水泥衬瓷砖或涂树脂			
电动机	IO_3-160M-6，18.5千瓦		IO_3-180L-6，22千瓦	IO_3-180L-6，22千瓦二台
循环器(毫米)	ϕ600		ϕ750	ϕ750二台
针形阀(毫米)	ϕ25　6个			ϕ40　6个

三、漂白机

为间歇式漂白设备，槽体用钢筋混凝土制成，用纵墙把浆槽分隔成两沟道或三沟道，与浆料接触部分衬瓷砖，槽顶端装有螺旋浆搅拌器使浆料循环。

(一) 设备简图



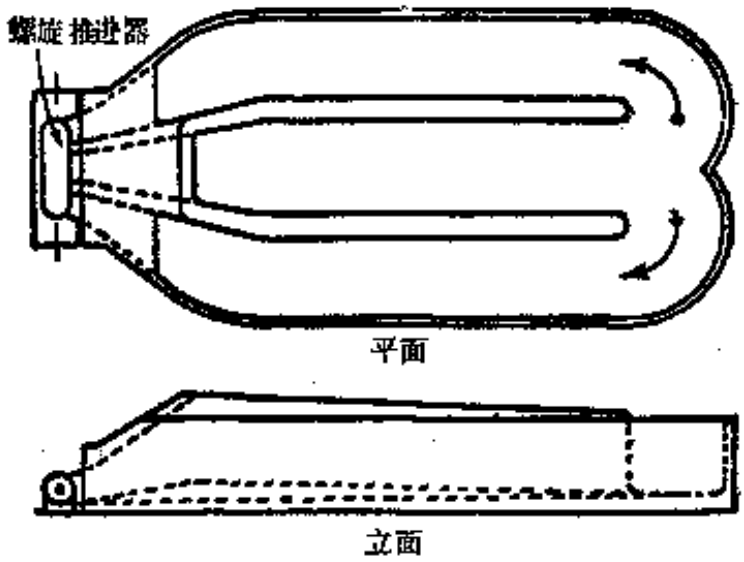


图9-7-18　漂白机

（二）漂白机的主要特征及规格

表9-7-6　　漂白机特征及规格

项目 \ 型号	ZPC 1	ZPC 2
有效容积(米³)	20	35
浆料最高浓度(%)	7	7
螺旋桨直径(毫米)	686	686
螺旋桨转速(转/分)	200	250
电动机	JO_2-0160M-6，15千瓦1台 JO_2-802-6T_2，0.75千瓦2台	JO_2—62—6，13千瓦1台 JO_2-802-6T_2，0.75千瓦2台
外形尺寸(毫米)	7860×4680×4355	8690×5090×4705

附录　单位换算

1kgf(公斤力) = 9.80665N(牛顿)

1kgf/cm²(公斤力/厘米²) = 9.80665 × 10⁴Pa(帕)

1Cal(卡) = 4.1868J(焦耳)

1Cal/g · ℃(卡/克 · ℃) = 4.1868J/g · ℃(焦耳/克 · ℃)

1kCal/m · h · ℃ (千卡/米 · 时 · ℃) = 1.163 × 10⁻²J/cm · s · ℃(焦耳/厘米 · 秒 · ℃)

责任编辑：静夫娟
封面设计：易小云

ISBN 7-5019-0013-4/TS·0013
科技新书目：150-169 定价：7.80元